

Phyt.

675

d

Phyt. 675 d

80

Strasburger

UEBER
AZOLLA.

VON

DR. EDUARD STRASBURGER

PROFESSOR IN JENA.

MIT VII TAFELN.

JENA,

HERMANN DABIS

(OTTO DEISTUNG'S BUCHHANDLUNG).

1873.



Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	1
Morphologischer und histologischer Theil	15
Die vegetativen Theile	16
Der Vegetationskegel des Stammes	16
Der Bau des Stammes	26
Das Blatt	31
Die Seitenknospen	41
Die Wurzel	44
Haare	51
Die generativen Theile	52
Microsporangien-Sorus, Microsporangien, Massulae und Microsporen .	56
Macrosporangien-Sori und Macrosporen	63
Systematischer Theil	76
Erklärung der Abbildungen	80



Einleitung.

Die entwicklungsgeschichtlichen Methoden haben in neuster Zeit eine immer weitergehende Anwendung gefunden, weil die Erfahrung zeigte, dass mit Hülfe derselben morphologische Fragen am leichtesten zu lösen sind. Die Descendenztheorie giebt uns den Schlüssel zu dieser Erfahrung, indem sie lehrt, dass die individuelle Entwicklung eine kurze Wiederholung der paleontologischen Entwicklung ist. Der morphologische Werth eines Gebildes wird durch seinen Ursprung bestimmt, die Entwicklungsgeschichte, die uns diesen Ursprung gleichsam vergegenwärtigt, wird daher stets den Vorzug vor allen andern Untersuchungsmethoden haben: sie führt am raschesten zum Ziele. Die Entwicklungsgeschichte würde überhaupt ausreichen, um alle morphologischen Fragen zu lösen, wenn nicht die jüngeren und jüngsten Zustände eines Gebildes ebenso gut anpassungsfähig wären, d. h. sich verändern könnten, wie die älteren. Doch weil sie gewöhnlich in viel geschützterer Lage sich befinden als die älteren Zustände, sind sie weniger den äussern Einflüssen ausgesetzt gewesen, daher meist auch weniger von der ursprünglichen Form abgewichen, und gewähren so immer noch vorzügliche Anhaltspunkte für die morphologische Deutung.

Die Entwicklungsgeschichte hat also ihre volle phylogenetische Berechtigung als oberste Untersuchungsmethode, und wenn wir eine Pflanze bis auf das Ei, die einzelnen Theile derselben auf ihre erste oder ihre ersten Zellen zurückführen, so werfen wir gleichzeitig einen tieferen Blick in ihre ganze historische Entstehung.

Man pflegt heute mit fast einer jeden morphologischen Untersuchung auch die histologische zu verbinden und sucht beide in ursächlichen Zusammenhang zu bringen. Vor allem ist auf die Bestimmung der Theilungsfolge der Zellen in den wachsenden Gebilden viel Zeit und Mühe verwendet

worden, wohl auch versucht aus denselben die Gesamtgestaltung abzuleiten.

In allen wachsenden mehrzelligen pflanzlichen Gebilden geht aber die Zunahme des Volumens der Vermehrung der Zellenzahl voraus¹⁾, letztere kann also nicht die Gestalt bestimmen. Dieses Verhältniss ist besonders von Hofmeister in neuester Zeit hervorgehoben und durch zahlreiche Beispiele belegt worden. Dass aber die Zelltheilungen bei Pflanzen mit einziger Scheitelzelle und wenigzelligen Vegetationspunkten auch ohne Einfluss auf die äussere Gliederung der Pflanze sei, scheint mir hierdurch noch nicht bewiesen.

Es muss überhaupt, wie ich denke, zwischen der äusseren Gestalt der Vegetationspunkte und der seitlichen Gliederung derselben unterschieden werden. Die erstere mag auf die Gestalt der Scheitelzelle einwirken, die Gestalt der Scheitelzelle dann aber in vielen Fällen die äussere Gliederung beeinflussen.

So kann vor allem für die Moose nicht geleugnet werden, dass die Blattstellung derselben sich in einem ganz bestimmten Verhältnisse zu den Theilungen ihrer Scheitelzelle befindet. Wir haben bei zweiflächig zugespitzter Scheitelzelle stets zweizeilige, bei dreiflächig zugespitzter stets dreizeilige oder schraubige Blattstellungen. Nun ist aber zunächst die zweiflächig zugespitzte Scheitelzelle viel älter als die zweizeilige Blattstellung, tritt sie uns doch schon bei thalloiden Pflanzen entgegen, die noch keine Gliederung in Axe und Blatt zeigen; krönt sie doch ausserdem die Scheitel vieler Blätter und anderer Gebilde, die keine seitliche Gliederung besitzen. Die zweiflächig zugespitzte Scheitelzelle als solche kann also nicht unter dem Einfluss der seitlichen Sprossungen entstanden sein²⁾, wohl aber ist es möglich, dass die flächenartige Gestalt der Vegetationspunkte ihr Auftreten bestimmt oder doch begünstigt habe³⁾.

¹⁾ Hofmeister, Handbuch der physiol. Bot. I. Bd. 2. Abtheilung: Allgemeine Morphologie der Gewächse 1868, p. 509.

²⁾ Hingegen heisst es bei Hofmeister an einer Stelle: „Somit erscheint die Form der Scheitelzelle bedingt durch die Anordnung der Blätter“. l. c. I, 1. p. 134.

³⁾ Ob die Theilungen, wie sie uns für die Scheitelzellen bekannt sind, als zelleigene oder von aussen inducirte anzusehen sind, lässt sich wohl jetzt noch kaum sagen. Für die erste Auffassung scheint der Umstand zu sprechen, dass auch an anderen Orten (in den Oberhautzellen bei Bildung der Spaltöffnungen) ähnliche Theilungen und zwar in denselben Combinationen wie in den Scheitelzellen beobachtet worden sind. Dann würde die Gestalt des Vegetationspunktes, hin und wieder auch die Stellung der seitlichen Glieder, ihr Auftreten in dieser oder jener Form begünstigen, nicht aber die Form selbst bestimmen.

Ebenso wird die vorgeschobene kegelförmige Entwicklung der Vegetationspunkte das Auftreten der nach innen dreiflächig zugespitzten Form der Scheitelzelle begünstigt haben, ohne dass durch diese Entwicklung die zweiflächig zugespitzte Form an denselben ausgeschlossen worden wäre. Diese konnte selbstverständlich auch erhalten bleiben und sich der neuen Form des Vegetationskegels anpassen; die Bedingung für das Auftreten der dreiflächig zugespitzten Form war aber hiermit gegeben. Diese letztere wird also sicher auch nicht erst unter dem Einflusse seitlicher Sprossungen entstanden sein. — Hingegen sehen wir beide Arten von Scheitelzellen bei den Moosen, wo die seitlichen Sprossungen dicht an der Scheitelzelle entstehen, durch die Art ihrer Theilung die Stellung dieser Sprossungen bestimmen. Diese Einwirkung ist sicher die ursprüngliche, hat sich auch in vielen Fällen in ihrer primitiven Reinheit erhalten, ist aber in andern getrübt worden durch die Einwirkung, welche nun ihrerseits die Seitenorgane auf die Scheitelzelle zu üben begannen. Dieser Einfluss wird durch die vorhergehenden Betrachtungen selbstverständlich nicht ausgeschlossen, es gilt dann nur festzustellen, was das primäre und was das secundäre an der Erscheinung ist. Dass die Blätter nun ihrerseits einen Einfluss auf die Scheitelzelle üben können, zeigt die schöne Beobachtung von Hofmeister. Derselbe beschreibt¹⁾, dass die Stammspitzen adventiver Sprosse von *Schisostegia osmundacea* und von *Fissidens bryoïdes*, so lange dieselben unterirdisch bleiben, eine dreiflächig zugespitzte Scheitelzelle besitzen und dass diese durch zu ihren Seitenflächen parallele Theilungen drei grade Reihen von Segmenten und in der Folge drei Längsreihen von Blättern erzeugt. Sobald die Spitze des Stämmchens über den Boden tritt, krümmt sie sich, in Folge ihres sehr energischen negativen Heliotropismus, convex gegen die Richtung der intensivsten Beleuchtung. Die bis dahin dreizeiligen Blätter werden kammförmig gerichtet, der sie tragende Stengel etwas verbreitert. Diese Vorgänge setzen sich fort bis in die unmittelbare Nachbarschaft der Scheitelzelle, und man überzeugt sich leicht, dass während der Verschiebung der Blätter in zwei Längszeilen ihre Gestalt in die zweiseitig keilförmige allmählig übergeht.

Es ist leicht denkbar, dass die Folge eines solchen Einflusses wie der vorhergehende, bei stetigem Wiederkehren, schliesslich erblich wird, so dass auch die unterirdischen Sprossen sofort mit einer zweiflächig zugespitzten Scheitelzelle beginnen. Ich erwähne diese Wahrscheinlichkeit nur, weil sich

¹⁾ l. c. Bd. I., 1. Abtheil.: Die Lehre von der Pflanzenzelle p. 141 u. 142.

vielleicht auch annehmen lässt, dass die dreiflächig zugespitzten Scheitelzellen, in denen die Theilungen nicht mehr parallel sondern schief zu den Seitenflächen erfolgen, eine unter dem Einflusse älterer Sprossungen entstandene, dann durch Erblichkeit fixirte Modificationen der ursprünglichen Form dieser Scheitelzelle mit zu den Seitenflächen parallelen Theilungen seien. Dass diese Modificationen unter dem Einflusse der Seitensprossungen sich gebildet haben, dafür scheint die von Hofmeister (l. c. p. 140) angeführte Thatsache zu sprechen, dass an blattlosen Sprossen mit dreiflächig zugespitzter Scheitelzelle stets nur die ursprüngliche Form dieser Scheitelzelle mit zu den Seitenwänden parallelen Theilungen zu beobachten ist.

Die Lebermoose mit nur zwei Reihen von Blättern und dreiflächig zugespitzter Scheitelzelle (*Radula complanata*, *Jungermannia bicuspidata* etc.) liefern uns ein instructives Beispiel: sowohl für die gegenseitige Unabhängigkeit als auch für die gegenseitige Beziehung zwischen Blattstellung und Gestalt der Scheitelzelle. Denn wir finden einerseits: drei Seitenflächen an der Scheitelzelle, also auch drei Reihen von Segmenten und doch nur zwei Reihen von Blättern, andererseits aber die gewölbte Aussenfläche der Scheitelzelle nicht in Gestalt eines gleichseitigen, sondern eines gleichschenkeligen Dreieckes mit kürzerer Grundfläche¹⁾ und nur die beiden grösseren Schenkel dieses Dreieckes den blattbildenden Segmenten entsprechend. Blattlose unterirdische Sprosse von *Jungermannia bicuspidata* sollen nach Hofmeister l. c. p. 141 Scheitelzellen mit einer ziemlich gleichseitig dreieckigen Endfläche besitzen.

Wir finden die Blattstellung nur in solchen Fällen unmittelbar von der Gestalt und Theilung der Scheitelzelle abhängig, wo die Blätter aus den Segmenten vor jeder Theilung derselben entstehen²⁾. Anders wo Theilungen in den Segmenten der Blattbildung aus denselben vorangehen; hier tritt ein ähnliches Verhältniss zu den Theilungen der Segmente ein, wie dort zu den Theilungen der Scheitelzelle, und wird es sich ebenfalls fragen, welche dieser Theilungen zelleigen³⁾, also ganz primär und beeinflussend, welche hingegen secundär, also beeinflusst sind. Auch wird hier wieder zwischen einer Beeinflussung durch die Gestalt des Vegetationskegels oder durch die Stellung der seitlichen Glieder zu unterscheiden sein.

¹⁾ Leitgeb. Szb. d. Ac. d. Wiss. I. Abh. Jänner-Heft, 1871.

²⁾ Vergl. auch Sachs, Lehrbuch II. Aufl. p. 175.

³⁾ Etwa von der Hofmeisterschen Regel ausgehend, dass die Theilung senkrecht zu dem vorhergegangenen stärksten Wachsthum erfolgt.

Dass wir es hier wirklich nicht mit einem und demselben Vorgange, sondern mit verschiedenen Processen zu thun haben, die sich nur gegenseitig beeinflussen und bestimmen, das zeigen die Beispiele, wo diese Prozesse sich frei von einander abwickeln. — Am auffallendsten ist diess bei den Siphoneen, wo oft eine complicirte äussere Gestalt und eine mannigfaltige äussere Gliederung ohne innere Theilungen erreicht wird; der äusserlich hoch differencirte Organismus bleibt innerlich einzellig: äussere Gestalt und äussere Gliederung zeigen sich hier also völlig unabhängig von innerer Fächerung. — Umgekehrt finden wir vornehmlich bei den Phanerogamen, die vielzellige Vegetationspunkte besitzen, dass die Theilungen im innern der Vegetationspunkte von der äusseren Gestalt derselben unabhängig werden. Sie erfolgen durchaus eigenartig und üben ihrerseits auch keinerlei Einfluss weder auf die äussere Gestalt des Vegetationskegels, noch auf den Ort der Entstehung seitlicher Bildungen an demselben. Dieser Ort wird vielmehr nach Hofmeister bestimmt durch die Stellung vorangegangener Glieder, indem „die neue seitliche Sprossung über der weitesten der Lücken zwischen den nächstbenachbarten älteren gleichartigen Sprossungen derselben Axe ¹⁾“ entsteht. — Aehnlich wie die phanerogamen Vegetationskegel verhalten sich auch die vielzelligen cryptogamen Vegetationspunkte ohne einzige Scheitelzelle: so Lycopodium, und selbst auch die mit Scheitelzelle: so die Farne und Selaginella. Ungeachtet sich bei letzteren die Scheitelzelle noch regelmässig theilt, lassen doch die Theilungen in den Segmenten keine solche Regelmässigkeit mehr erkennen und eine Beziehung der Blattstellung zu den Theilungen in denselben ist nicht mehr nachzuweisen ²⁾. Die zuletzt erwähnten Vegetationspunkte nehmen in ihrem Verhalten die Mitte zwischen dem eigentlichen wenigzelligen Cryptogamen- und dem vielzelligen Phanerogamen-Typus ein.

Bei den Pflanzen mit wenigzelligen Vegetationspunkten, wo sich die innern und die äussern Prozesse gegenseitig beeinflussen, geschieht, wie ich denke, die Regelmässigkeit der innern Theilungen in Folge einer reguliren-

¹⁾ l. c. I, 2. p. 508.

²⁾ Zwar will auch hier Hofmeister (zuletzt l. c. p. 136) eine Uebereinstimmung zwischen den Theilungen der Scheitelzelle und der Blattstellung aufgefunden haben, allein eine solche Uebereinstimmung giebt er auch für die Phanerogamen an, wo in Wirklichkeit eine Scheitelzelle gar nicht vorhanden. Uebrigens giebt hier Hofmeister selbst zu, dass eine Beziehung zu den Theilungen in den Segmenten nicht mehr festzustellen sei, ja sich nicht einmal nachweisen lässt, ob jedes Segment ein Blatt erzeugt (p. 510). Die Blätter sollen trotzdem einen zerrenden Einfluss auf die Scheitelzelle üben und dieselbe der Blattstellung gemäss verschieben (p. 139).

den Wirkung, welche auf dieselben von der äussern Gestalt ¹⁾ und Gliederung geübt wird. Jede Zelle besitzt hier eine im Verhältniss zum ganzen Vegetationskegel bedeutende Grösse und muss so unter unmittelbarem äusseren Einfluss stehen. Wenn der Vegetationskegel vielzelliger, die einzelnen Zellen in der Grösse desselben schwinden und so der unmittelbare äussere Einfluss auf die einzelnen Zellen sich schwächt, ja ganz aufhört, geht auch die Regelmässigkeit der Theilungen allmählig verloren, indem die innern Theilungsvorgänge ihrer Natur nach zur Unregelmässigkeit neigen. In den wenigzelligen Vegetationspunkten sehen wir in den Zellen unter äusseren Einflüssen vielfach Theilungen erfolgen, die nicht unmittelbar aus der Gestalt der Zelle sich ableiten lassen und so werden, wenn der äussere Einfluss aufhört, diese Zellen nach und nach wieder ihren eigenen Neigungen folgen und sich nach anderen Richtungen theilen ²⁾.

Wie schon früher hervorgehoben, muss der Einfluss, den die äussere Gestalt der Vegetationspunkte und der Einfluss, den die seitliche Gliederung derselben auf die innern Vorgänge übt, auseinandergehalten werden. Dieses kommt namentlich für solche Vegetationspunkte resp. Vegetationskegel in Betracht, die erst in einiger Entfernung vom Scheitel seitliche Sprossungen bilden. Die Theilungen der Scheitelzelle, ja auch die obersten Theilungen der Segmente werden hier noch völlig unabhängig von der Blattstellung sein können, sie werden nur von der Gestalt der Scheitelzelle und der äussern Gestalt des Vegetationskegels ³⁾ selbst bestimmt sein, so dass man sie „stammeigene“ nennen könnte. Die Anordnungen der Zellen sind an solchen Orten meist sehr einfacher Art und compliciren sich erst mit dem

¹⁾ Der Ausspruch Hofmeister's l. c. I, 1 p. 129: „Das Wachsthum der einzelnen Zellen eines Vegetationspunktes ist geregelt und bedingt durch die, nach Erweiterung oder Erreichung bestimmter Formen hinstrebende Massenzunahme des gesammten Vegetationspunktes.“ würde also zunächst nur auf diese Fälle passen; der darauf folgende Satz: „Diese Massenzunahme kann nicht als die Summe der den einzelnen Zellen inwohnenden individuellen Bildungstriebe aufgefasst werden.“ hingegen eine ganz allgemeine Geltung besitzen.

²⁾ In Folge ihrer geschützteren Lage werden diese innern Veränderungen, auch wenn die äussere regulirende Ursache aufgehört hat zu wirken, oft nur langsam den äussern Veränderungen folgen und so oft auch lange noch als Anhaltspunkte zur Beurtheilung früherer Zustände dienen können (vergl. auch meine Coniferen und Gnetaceen p. 401).

³⁾ Dass im seltenen Falle die Theilungsart der Scheitelzelle nachträglich auch die Gestalt des Vegetationskegels und selbst des ganzen Stammes beeinflussen kann, das lehrt die Angabe Hofmeisters, dass Stämme von *Isoetes* mit zweiflächig zugespitzter Scheitelzelle zweilappig, mit dreiflächig zugespitzter Scheitelzelle dreilappig sind. l. c. I, 1. p. 135.

Auftreten seitlicher Glieder. In dieser Anordnung werden verwandte Pflanzen von sonst verschiedener seitlicher Gliederung übereinstimmen können. Die Verschiedenheiten werden sich erst von der Stelle an geltend machen, an welcher der Einfluss seitlicher Sprossungen auf die Theilungen beginnt. Dieser Einfluss kann aus ererbten Ursachen weit höher reichen als die sichtbare Anlage der seitlichen Sprossungen und so die Bestimmung des Antheils, der ihnen an den innern Theilungen zukommt, erschweren.

Grosse innere Aehnlichkeit werden, wie aus Obigem folgt, solche Vegetationspunkte verwandter Pflanzen zeigen, auf welche der Einfluss seitlicher Sprossungen sich gar nicht geltend macht: so vor allem die Vegetationskegel der Wurzeln, sie werden auch vor allem durch einfache, zunächst durch die Theilungsart der Scheitelzelle bedingte Anordnungen der Zellen ausgezeichnet sein. Ja auch an solchen Pflanzen, die auf älteren Zuständen an vielzelligen Vegetationspunkten keine bestimmte Theilungsfolge mehr zeigen, lässt sich eine solche an jugendlichen Entwicklungszuständen nachweisen, so lange diese noch relativ wenigzellig sind und jede ihrer Zellen unter dem Einflusse der äusseren Gestalt steht. Uebereinstimmung zwischen verwandten Pflanzen wird aber auch hier nur so lange zu finden sein, als die jungen Anlagen in ihrer äussern Gestalt sich gleichen. Verschiedenheiten in der Zahl oder Stellung der seitlichen Sprossungen, auf welche in der Systematik auch weniger Gewicht gelegt wird, muss hingegen durchgreifende innere Verschiedenheiten hervorrufen.

Auffallende Uebereinstimmung der ersten Theilungsvorgänge zeigen eben wegen dieser äussern Aehnlichkeit und der spät eintretenden Gliederung die Embryonen der Phanerogamen, während die Embryonen der höheren Cryptogamen sich, so weit ihre Entwicklung bekannt, selbst bei systematisch verhältnissmässig nahe verwandten Pflanzen, von Anfang an sehr verschieden verhalten. Es hängt dies mit ihrer frühzeitigen Gliederung zusammen, und da diese alsbald verschieden, so kann also, nach dem oben Gesagten, auch innere Uebereinstimmung gar nicht erwartet werden.

Wie aus obiger Besprechung folgt, ist das Verhältniss zwischen äusserer Gestalt und Gliederung und der inneren Fächerung der Vegetationspunkte complicirter Art und lässt sich nicht auf eine einzige gemeinsame Ursache zurückführen. Dieses ist bereits ganz richtig von Sachs erkannt worden in der geistvollen Besprechung, die er in seinem Lehrbuche (II. Aufl. p. 172 u. f.) den Stellungsverhältnissen seitlicher Glieder an gemeinsamer Axe widmet. Vor allem bringt hier Sachs ein Moment in Erwägung, das nie aus den

Augen verloren werden sollte: es ist dies die Erbllichkeit. „Betrachtet man zumal die durch die Descendenztheorie eröffneten Gesichtspunkte, so tritt in dem Gesetz der Erbllichkeit und der zweckmässigen Ausstattung der Organe mit bestimmten Eigenschaften die Schwierigkeit, ja Unmöglichkeit hervor, die Ursachen irgend einer morphologischen Erscheinung anders als historisch darzulegen; die organischen Formen sind nicht das Resultat einmal gegebener Combinationen von Kräften und Stoffen, die immer wieder genau in derselben Weise zur Geltung kommen, wie bei einem sich lösenden und dann wieder anschliessenden Krystall, sondern sie sind das Resultat erblich sich wiederholender und zugleich veränderlicher Combinationen, die zu ihrem Verständniss auf Vergangenes, nicht mehr unmittelbar Gegebenes hinweisen“¹⁾.

Das Gesetz der Erbllichkeit findet darin seinen Ausdruck, dass Wirkungen erhalten werden, deren erste Ursache in der Vergangenheit zurückliegt. Diese Wirkungen sind durch Anpassung an bestimmte äussere Einflüsse hervorgerufen worden und dauern fort, sich als Eigenschaften des Organismus autonom zu äussern, auch nachdem die äussern Einflüsse, die sie veranlassten, lange schon aufgehört haben zu wirken. Der Organismus ist eine Summe solcher Eigenschaften, deren jede ihrem Ursprung gemäss auf mechanische äussere Ursachen sich zurückführen lässt, deren Zusammenwirken aber ganz unbegreiflich bleibt, so lange man nicht die Erbllichkeit mit in Rechnung zieht. Dieses muss sowohl in der Morphologie als auch in der Physiologie geschehen; es liegt nach dem Gesagten nahe, dass sich nicht eine jede Erscheinung des organischen Lebens auf unmittelbar noch jetzt wirkende äussere Ursachen zurückführen lassen, meist werden wir es nur mit inneren, ererbten Wirkungen zu thun haben, die nur eine historische Behandlung zulassen. Auch wo die unmittelbare Ursache noch thätig, wird ausserdem nicht zu vergessen sein, dass die Pflanze ihr nicht wie ein todter Körper, sondern als ein lebendiges mit ererbten activen Eigenschaften ausgestattetes Wesen entgegentritt, auf den Einfluss thätig reagirend. Wir werden es daher stets mit zusammengesetzten Wirkungen zu thun haben, die als solche weiter vererbt, uns dann in solcher Complication entgegentreten, dass es oft unmöglich wird, sie in die einzelnen ursächlichen Momente zu zerlegen. Eine solche complicirte Erscheinung tritt uns auch in den eben erörterten Beziehungen der äussern und innern Gestaltung entgegen, und ohne die Frage hier eingehender erörtern zu können, galt es nur, die vielen Seiten derselben zu beleuchten. —

¹⁾ Lehrbuch II. Aufl. p. 178.

Hofmeister giebt an, dass die Raumverhältnisse am Vegetationskegel den Entstehungsort neuer Sprossungen bestimmen: dass neue seitliche Sprossungen über der Mitte der weitesten Lücke entstehen, welche die Insertionen der nächstbenachbarten älteren Glieder gleicher Art zwischen sich am Umfang des Vegetationspunktes übrig lassen. Durch die Hofmeister'sche Regel ist sicher ein wichtiger Schritt zur Erkenntniss der Regelmässigkeit der Blattstellung gethan worden; warum aber in dem einen Falle bei vielzelligen phanerogamen Vegetationskegeln die Blätter in Wirteln, in dem andern Falle in Schrauben, das eine Mal mit kleiner und das andre Mal mit grösserer seitlicher Divergenz stehen, ist schlechterdings ohne Zuhülfnahme der Erblichkeit nicht zu begreifen. Wenn Hofmeister als Erklärungsgrund der verschiedenen Stellungen die Verhältnisse des Wachsthums der Blattbasen anführt, so ist zwar weiter ein wichtiger ursächlicher Zusammenhang zwischen diesem Wachsthum und der Blattstellung gefunden, aber nicht erklärt, warum dieses Wachsthum in dem ersten Falle so, in dem zweiten anders erfolgt. Wir haben es hier immer schon mit abgeleiteten, nicht mit ursprünglichen Ursachen zu thun. Auch wird in Folge des Gesetzes der Erblichkeit die Hofmeistersche Regel selbst scheinbare Ausnahmen erfahren können. So werden z. B. an der männlichen Blüthe von *Ephedra* die beiden ersten und einzigen Perigonblätter vorn und hinten angelegt. Da das Deckblatt, welches die Blüthe, eine Achselknospe, schützt, ganz gleichmässig nach beiden Seiten entwickelt ist, so wäre nach der Hofmeister'schen Regel zu erwarten gewesen, dass die beiden Perigonblätter rechts und links auftreten. So ist es hier auch, wie der Vergleich mit nahe verwandten Pflanzen lehrt, ursprünglich gewesen, die Blüthe besass zwei Perigonblattpaare, büsste aber allmählig das äussere Paar ein; trotzdem treten die Blätter des zweiten Paares immer noch so auf, als wenn das äussere Paar vorhanden wäre und ihr Auftreten bestimmen möchte: wir haben es hier eben mit einer ererbten Eigenschaft zu thun, die zu ihrer Aeusserung nicht mehr der ursprünglichen Ursache bedarf. Derartige Beispiele sind so zahlreich, dass man sie zu Hunderten anführen könnte, und was für diesen Fall gilt, gilt auch für andere. Nie darf bei derartigen Unternehmungen das Gesetz der Erblichkeit aus den Augen gelassen werden. Wenn z. B. Hofmeister angiebt, dass in den Zellen Grössenzunahme stets der Fächerung vorausgeht und dass die Theilung stets senkrecht zum vorausgegangenen stärksten Wachsthum erfolgt, so ist diese Regel, auf ursprüngliche Vorgänge angewandt, wohl sicher richtig, sie aber ohne weiteres auch in allen abgeleiteten Fällen wiederfinden zu wollen, dazu gehört oft

sehr viel guten Willens. Da muss in den wenigzelligen Vegetationspunkten, wo die Zelle nicht mehr ihren ursprünglichen Gestaltungstrieben allein, sondern auch secundären Einflüssen der äussern Gestaltung folgt, oft zu den complicirtesten Erklärungsversuchen die Zuflucht genommen werden.

Zum Schlusse kann ich mir eine weitere Bemerkung nicht versagen.

Da die inneren Theilungsvorgänge eine grosse Anpassungsfähigkeit besitzen, ausserdem histologische und morphologische Processe scharf zu sondern sind, so wird auch die Entstehung aus einer bestimmten Zelle, an sich allein, noch nicht für den bestimmten morphologischen Werth eines Gebildes entscheiden. Zwar finden wir oft bei sehr ähnlichen Vegetationskegeln und ähnlicher Gliederung (so in der ganzen Familie der Moose) grosse Uebereinstimmung in der Verwerthung bestimmter Zellen zur Anlage bestimmter Sprossungen und wird in solchen Fällen die histologische Entstehung wichtige Anhaltspunkte für die morphologische Bestimmung bieten können. Doch auch diejenigen Fälle sind nicht seltener (so bei den Rhizocarpeen), wo bei sonst systematisch verwandten Pflanzen ganz verschiedene Zellen zur Anlage derselben Sprossungen dienen. Man dürfte daher mit morphologischen Schlussfolgerungen, die dem histologischen Ursprung entnommen sind, sehr vorsichtig sein und nie auf diesen allein seine Bestimmungen gründen. Sehr instructiv sind in dieser Beziehung die vorzüglichen Arbeiten Leitgeb's¹⁾ über den Entstehungsort der Geschlechtsorgane, vornehmlich der Antheridien, bei den Moosen. Bei *Fontinalis antipiretica*²⁾ entwickeln sich die Antheridien aus dem Scheitel gewisser Sprosse, deren ganzer Vegetationskegel in ihrer Erzeugung aufgeht. Das erste Antheridium entsteht als papillöse Auftreibung der Scheitelzelle; die folgenden 2—3 in ähnlicher Weise aus den jüngsten noch ungetheilten Segmenten, die sonst zur Blattbildung verworthen worden wären; die letzten ohne bestimmtes Gesetz vorzüglich zu den beiden Seiten der aus den Segmenten hervorgegangenen Antheridien. Bei *Sphagnum*³⁾ findet man die Antheridien an bestimmten, meist schon durch ihre Farbe leicht kenntlichen Aesten, und zwar nehmen sie an denselben genau die nämliche Stellung ein wie die Aeste am Stämmchen, d. h.

¹⁾ Szb. der Ac. d. Wiss. Wien 1868, 1869 und 1871.

²⁾ Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Pflanzenorgane. Heft II.

³⁾ ebend. Heft III.

sie stehen einzeln am anodischen Rande einer Blattinsertion. Die Entwicklungsgeschichte zeigt, dass sie als papillöse Ausstülpungen derselben Segmenttheile wie sonst die Aeste, d. h. dem basiskopen Basilarstücke eines Segmentes entspringen. Sie werden auch wie die Aeste viel später als die Blätter angelegt im 4 — 6 Segmentumlaufe von der Scheitelzelle grundwärts. „Bei *Radula complanata*“, schreibt Leitgeb¹⁾, „entsprechen die Antheridien in ihrer Stellung vollkommen den aus den Blattachseln hervorbrechenden Haargebilden bei *Fontinalis*. Namentlich frappant ist der Vergleich mit den Haaren bei *Sphagnum*, wo ebenfalls in jeder Blattachsel nur ein Trichom und so wie bei *Radula* an einer ganz bestimmten Stelle hervorsprosst. „Es ist dies“, fährt Leitgeb fort, „eine Thatsache, die im Lichte der Descendenztheorie eine nicht zu unterschätzende Bedeutung erhält. Bei *Radula* und auch bei anderen Lebermoosen sind diese morphologischen Glieder Träger einer höchst wichtigen physiologischen Function; bei *Sphagnum* finden sie als solche keine Verwendung mehr, bleiben aber durch Vererbung erhalten“.

Ich möchte die Antheridien in allen den angeführten Fällen für Trichome erklären.

Für *Radula* wird diese Deutung bereits von Leitgeb gegeben, und wenn sicher, dass die erwähnten Haare von *Sphagnum* durch Rückbildung aus Antheridien entstanden, so ist der morphologische Werth der letzteren auch ein für alle Mal festgestellt. Denn es lässt sich schlechterdings vom Standpunkte der Descendenztheorie aus nicht begreifen, dass in ihrem Bau und ihren Producten so übereinstimmende Bildungen mehrmals neben einander durch Metamorphose von Sprossungen verschiedener Dignität entstanden sein sollten. Für die Deutung der Antheridien als Trichome ist dann auch der Vergleich mit den thalloiden Lebermoosen entscheidend, da bei den letzteren jede andere Deutung der Antheridie von vorn herein ausgeschlossen ist. Diese Deutung hört auf auch für *Fontinalis* und *Sphagnum* unnatürlich zu erscheinen, sobald man zugiebt, dass den Zellen des Vegetationspunktes an sich noch kein morphologischer Werth zukommt. Es lässt sich wohl annehmen, dass die *Fontinalis*-ähnlichen Fälle dadurch zu Stande kamen, dass die zunächst nur auf die Blattachseln beschränkten Antheridien bis auf den Scheitel des Vegetationskegels rückten, alle disponiblen Zellen desselben einnehmend, und dass sie schliesslich, wohl aus Nützlichkeitsgründen, am letzteren Orte allein erhalten blieben. Aehnlich dürfte es sich auch mit der Entstehung der *Sphagnum*-ähnlichen Fälle verhalten haben,

¹⁾ ebend. Heft IV, p. 28.

nur dass die Vermehrung der Antheridien sich hier an die Regionen eben angelegter Blätter hielt, und zunächst nur den, nach Anlage der Blätter noch übrigbleibenden Segmenttheil (der sonst Seitenknospen erzeugt) einnahm. Schräg unter jedem Blatte bildete sich so ein Antheridium und blieb schliesslich wohl auch aus Nützlichkeitsgründen allein functionsfähig erhalten, während die ursprünglichen Antheridien in den Achseln der Blätter langsam rudimentär wurden. — Wir hätten somit in *Radula* den ursprünglichen, in *Sphagnum* und *Fontinalis* zwei abgeleitete Fälle zu erblicken. Die Trichome machen hier aber bereits von einer Eigenschaft Gebrauch, die später zu ihrer morphologischen Charakterisirung dient, der nämlich, leicht sich zu vermehren oder zu vermindern und den Ort ihrer Entstehung zu verändern. Ein Unterschied zwischen der Entwicklung des Antheridium's bei *Fontinalis* und *Sphagnum* und der Gebilde, dessen Stelle sie eingenommen, ist ausserdem von Anfang an gegeben. Auch wölbt sich bei *Fontinalis* zur Bildung des Antheridiums, nicht wie bei der Blattbildung, das ganze Segment nach aussen, sondern „es wächst an irgend welcher Stelle seiner freien Aussenfläche papillös aus“¹⁾; und auch bei *Sphagnum* wird zur Bildung des Antheridiums, nicht wie für die Knospenanlage das ganze basiskope Basilarstück des Segmentes verwendet, sondern nur dessen scheitelsichtige im Durchschnitt linsenförmige Hälfte (Zelle), auf welche die papillöse Auftreibung fällt, die untere Hälfte (Zelle) wird zur Bildung der Stengelperipherie verwendet²⁾.

Es ist vor Kurzem durch Leitgeb³⁾ festgestellt worden, dass bei einer grossen Anzahl Jungermannien (*Frullania*, *Madotheca*) der Seitenspross aus einem Segmenttheile sich entwickelt, der unter gewöhnlichen Verhältnissen zum Blattlappen wird. „Es ist diese Thatsache“, schreibt Leitgeb, „in morphologischer Beziehung vom höchsten Interesse, weil sie uns zeigt, wie wenig tief in dieser Pflanzengruppe, wo die Differencirung des Pflanzenkörpers in Stamm und Blatt gewissermaassen erst zum Durchbruche kommt, der morphologische Unterschied dieser Glieder noch gegriffen hat“. Ich möchte auch hier noch eine andre Deutung versuchen. Soweit wir das erste Auftreten der Blätter im Pflanzenreiche an noch existirenden Lebermoosen verfolgen können, sehen wir dieselben stets [so bei *Riccia glauca*⁴⁾, den *Marchantieen*⁵⁾ und weiter bei *Diplolaena*, *Blasia* und *Fossombronia* als

¹⁾ Leitgeb, Heft II p. 3.

²⁾ Leitgeb, Heft III p. 18 und Taf. IX Fig. 6.

³⁾ Bot. Zeit. 1871. Sp. 557 u. f.

⁴⁾ Hofmeister, vergl. Unters. p. 45.

⁵⁾ ebend. p. 52.

Uebergang von den blattlosen Jungermannien zu den beblätterten¹⁾] als seitliche Auswüchse unterhalb der Scheitelzelle des Stammes (Thallus) als Neubildung an demselben, nie durch Metamorphose des Stammscheitels selbst entstehen. Axe (Caulom) und Blatt (Phyllom) sind somit von Anfang an verschiedene Gebilde, die nie identisch gewesen, ein Uebergang von Stamm zu Blatt oder von Blatt zu Stamm ist also auch auf der niedersten Stufe beginnender Gliederung im Pflanzenreiche nicht denkbar²⁾. Bei den eben erwähnten Jungermanniaen tritt der Seitenspross gleich nach Anlage der ersten Wand (Halbirungswand), welche das seitenständige Segment in eine Bauch- und Rückenhälfte zerlegt, auf, und zwar wird zu dessen Bildung die ganze bauchständige Segmenthälfte verwerthet. Diese Segmenthälfte ist es, die hier für gewöhnlich den Blattunterlappen entwickelt; selbstverständlich wird also, wo der Spross aus dieser Segmenthälfte entsteht, der Blattunterlappen obliteriren müssen. Ein Entstehen aus dem Blattunterlappen anzunehmen, scheint mir aus diesem Grunde nicht geboten, will man nicht der bauchständigen Segmentzelle an sich schon einen morphologischen Werth vindiciren, was uns aus früher erörterten Gründen unstatthaft scheint. Die morphologische Gleichwerthigkeit zwischen den Blattunterlappen und dem Seitensprosse wäre erst dann nachgewiesen, wenn die Entstehung des Einen aus dem Anderen durch Metamorphose constatirt wäre. Es kann, wie Leitgeb selbst hervorhebt³⁾, aus einem Segmente bei Lebermoosen ein Seitenspross allein (so bei *Aneura*, *Metzgeria*), oder ein Blatt allein, oder Blatt und Seitenspross entstehen. Das Segment an sich hat also noch keinen morphologisch bestimmten Werth, es kann morphologisch verschiedenen Gebilden den Ursprung geben. Entstehen Blatt und Seitenspross gleichzeitig aus einem Segmente, so wird, wenn vielleicht durch äussere Raumbeziehungen veranlasst, der Seitenspross in gleicher Höhe mit dem Blatte steht, derselbe die ganze bauchständige Segmenthälfte in Anspruch nehmen (*Frullania*, *Madotheca*) und der Blattunterlappen, der sonst aus dieser Segmenthälfte seinen Ursprung nimmt, nicht zur Entwicklung kommen können; steht dagegen der Seitenspross tiefer als das Blatt und nimmt er nur einen basiskopen Theil der bauchständigen Segmenthälfte in Anspruch (*Radula*)⁴⁾, so werden beide Lappen des Blattes sich entwickeln können und sind dann auch wirklich vorhanden.

¹⁾ ebend. p. 25.

²⁾ Viel eher noch eine ursprüngliche Verwandschaft von Blatt und Haar.

³⁾ l. c. p. 562.

⁴⁾ Leitgeb, Sitzb. der K. K. Ac. d. Wiss. Wien 1871, I. Abtheilung, Jänner-Heft p. 22.

Eine und dieselbe Zelle kann also Sprossungen verschiedener Dignität den Ursprung geben, der morphologische Werth wird ihr gleichsam erst inducirt. Von demselben Gesichtspunkte dürfte dann auch zu erklärend sein, dass unbestimmte Zellen oder Zellcomplexe sogenannten adventiven Sprossungen den Anfang geben können.

Anders als mit dem morphologischen Werthe scheint es sich hingegen mit den speciellen histologischen Produkten: wie Erzeugung von Spermatozoiden, Pollenkörnern, Eiern oder Sporen zu verhalten: dieselben sind an bestimmte Zellen oder Zellcomplexe gebunden, werden auf diese nur vererbt und können nur mit diesen ihren Ort verändern.

Diese theoretischen Erörterungen, die in gewisser Weise die allgemeinen morphologischen Betrachtungen in meiner Arbeit über Coniferen und Gnetaeen ergänzen, die ich hier aber nur in ihren allgemeinen Hauptzügen entwickeln konnte, sollen die vorliegenden Untersuchungen einleiten. — Die Pflanze, mit der wir uns jetzt beschäftigen wollen, gehört zu solchen mit wenigzelligem Vegetationskegel, die eine strenge Regelmässigkeit der Theilungen und ein constantes Verhältniss zwischen der inneren und der äusseren Gliederung zeigen. Ich habe daher die Theilungsrichtung und Theilungsfolge, Gestalt und Stellung der Zellen in der ganzen Pflanze einer ebenso sorgfältigen Prüfung unterworfen wie die äussere Gliederung derselben. Man wird mir vielleicht bemerken, dass nach der vorhergehenden Auseinandersetzung kaum mehr ein Grund zur Bestimmung der Zellfolge in den Pflanzen vorliegt. Ihre allgemeine Bedeutung hat freilich diese Bestimmung für mich verloren, nichts desto weniger bleibt sie von der grössten Wichtigkeit für die Einzelkenntniss der Pflanze. Wo eine Erscheinung sich gesetzmässig wiederholt, bleibt es stets die Aufgabe der Wissenschaft, dieselbe zu verfolgen, nur muss sie sich gleichzeitig der Bedeutung bewusst sein, welche dieser Aufgabe zukommt. Die Beschränkung, welche die Tragweite der Bestimmung der Zellfolge trifft, bezieht sich übrigens auch nur auf ihr Verhältniss zur äusseren Gestaltung der Pflanze; als Ausgangspunkt für die Entwicklungsgeschichte der einzelnen Gebilde und als das sicherste Mittel den Entstehungsort und das gegenseitige Verhältniss der seitlichen Sprossungen am Vegetationskegel zu fixiren, behält sie ihre volle Wichtigkeit.

Morphologischer und histologischer Theil.

Im vorigen Sommer erhielt ich von O. Beccari in Florenz einige in Alcohol aufbewahrte Stückchen von *Azolla filiculoides* Lam. und war so in den Stand gesetzt, diese Pflanze eingehender als es bis jetzt geschehen zu untersuchen. Die Pflanze war nach den Aussagen O. Beccari's, von Prof. E. Gigleoli auf der Reise der „Magenta“ bei Montevideo gesammelt worden. Sie befand sich in verhältnissmässig gut erhaltenem Zustande und trug einige reife Sori. Ich konnte an dem vorhandenen Materiale die Vorgänge am Vegetationskegel genau untersuchen und mich auch über den Bau der Sporen und Sporenbehälter orientiren.

In der Folge dehnte ich meine Beobachtungen auch auf die anderen *Azolla*-Arten aus, freilich war ich dort nur auf getrocknetes, zum Zwecke der Untersuchung aufgeweichtes Material angewiesen; doch die vielen Anhaltspunkte, welche die Bearbeitung der in Alcohol aufbewahrten Pflanze verschafft hatten, erleichterten auch dort das Verständniss.

Gegen das Ende meiner Untersuchungen erhielt ich schliesslich durch die Güte des Herrn Prof. Eichler, in Branntwein eingelegtes Material von *Azolla caroliniana* Willd. aus Rio-Janeiro, und wenn dasselbe auch in seiner Erhaltung dem erst erwähnten von *Azolla filiculoides* nachstand und leider ganz steril war, so lieferte es doch für den Vergleich der vegetativen Theile beider Pflanzen manche schätzenswerthe Thatsache.

Ich glaube somit im Nachstehenden ein ziemlich vollständiges Bild von der Gattung *Azolla* entwerfen zu können und eine Lücke zu füllen, die in letzter Zeit um so fühlbarer wurde, als grade die andern *Rhizocarpeen*-Genera sich einer sorgfältigeren Bearbeitung zu erfreuen hatten.

Die Befruchtungsvorgänge und die Embryonalentwicklung mussten freilich auch in diesem Falle unberücksichtigt bleiben und die Bearbeitung derselben demjenigen vorbehalten, dem es vergönnt sein wird, die lebende Pflanze zu untersuchen.

Die Gattung *Azolla* wird den *Salvinieae* zugezählt und zwar der Zusammenhang mit *Salvinia* hauptsächlich gefolgert aus der Uebereinstimmung im Baue der männlichen Sori. Das Nachstehende soll weitere Anhaltspunkte zur Beurtheilung der Verwandtschaft beider Pflanzen liefern. Sicher ist, dass *Azolla* näher zu *Salvinia* als zu den beiden andern *Rhizocarpeen-Genera* steht, und werden wir daher auch in unseren Vergleichen zunächst immer an *Salvinia* anzuknüpfen haben.

Die vegetativen Theile.

Die Gattung *Azolla* wird von kleinen Jungermannien-ähnlichen Pflänzchen gebildet (Fig. 109—115 Taf. VII), welche auf der Oberfläche des Wassers schwimmen, einen vielfach verzweigten horizontal ausgebreiteten Stamm, tief zweitheilige, alternirende Blätter und an der Unterseite des Stammes, an den Verzweigungsstellen, senkrecht in's Wasser herabwachsende, einzeln- oder in Büscheln stehende fadenförmige Wurzeln besitzen.

Der Vegetationskegel des Stammes.

Der Stamm von *Azolla* endet ähnlich wie der von *Salvinia* in einem nackten Vegetationskegel; während aber bei *Salvinia* dieser Vegetationskegel fast grade gestreckt ist, über der jüngsten Blattanlage noch einen Durchmesser von 0,04 Mm. zeigt, am Scheitel von ziemlich grossen Zellen aufgebaut ist und so in sehr günstiger Weise ein Ueberblick der Vorgänge am Scheitel gestattet¹⁾, ist der Vegetationskegel des Stammes von *Azolla* (Taf. I. Fig. 7, 9) stark aufwärts gekrümmt, über der jüngsten Blattanlage nur 0,026 Mm. stark und aus kleinen Zellen aufgebaut, und setzt somit der Untersuchung grosse Schwierigkeiten entgegen. Mit Schnitten liess sich hier nicht viel erreichen und ward ich sehr bald allein auf das Freilegen des ganzen Kegels angewiesen. Die starke Krümmung des Kegels complicirt so die Bilder, dass ich lange Zeit zu keinem Verständniss derselben gelangen

¹⁾ Vergl. Pringsheim, zur Morphologie der *Salvinia natans*. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. III. Taf. XXIV u. XXV.

konnte, und überhaupt erst sichere Resultate gewann als ich die isolirten Vegetationskegel statt seitwärts, scheitelwärts zu rollen begann, gleichzeitig zeichnete, und dieselben in der Zeichnung sich auf diese Weise abwickeln liess. Vorzügliche Dienste leistete mir hierbei das, nach Berechnungen von Prof. Abbe in Jena, von Carl Zeiss daselbst kürzlich construirte neue Immersionssystem F., das bei einer Vergrösserung (mit Ocular 2) von nur 520 Mal Bilder giebt, wie ich sie in gleicher Schärfe mit keinem der stärksten und besten Systeme, die mir sonst in ziemlicher Auswahl zur Verfügung stehen, erreichen konnte. Dieses vorzügliche System ermöglichte vor allem den schwierigeren Theil der Untersuchung.

Der Scheitel des Vegetationskegels wird bei Azolla wie bei Salvinia von einer zweiflächig nach innen zugespitzten Scheitelzelle eingenommen. (Vergl. Taf. I. die Figuren 3, 5*b*, 6, 7, 8, 9 und die Schemata Fig. 1). Dieselbe ist entsprechend der Grössenverschiedenheit beider Vegetationskegel fast um die Hälfte kleiner als bei Salvinia. Sie theilt sich hier wie dort durch abwechselnd nach rechts und links geneigte Scheidewände, die sich unter beiläufig rechtem Winkel schneiden. (Taf. I. Fig. 3, 5*b* u. Fig. 1).

Wir denken uns bei allen diesen Baumbezeichnungen den Stamm in natürlicher Lage d. h. horizontal auf dem Wasser schwimmend. Durch diese starke Aufwärtskrümmung des Vegetationskegels wird die Scheitelzelle mit ihrer Bauchseite nach oben, fast horizontal gestellt. (Wie in dem Schema Fig. 1*c* u. 1*d*). Es bedarf einer Drehung des Vegetationskegels grundwärts um 90°, wenn man sie in der Scheitelansicht sehen will. Seitwärts-Drehungen des Kegels um 90° nach rechts oder links geben die beiden Seitenansichten (Fig. 1*e* und 1*d*). Reine Rückenansichten sind nur zu erhalten, wenn man den Vegetationskegel an Stelle der beginnenden Krümmung von dem Stamme loslöst. Um die Orientation zu erleichtern, habe ich im Schema (Fig. 1*a* u. 1*b*) den Vegetationskegel in der Bauch- und Rückenansicht gerade gedacht dargestellt; ein ähnlich gerade-gerichtetes Bild giebt auch die nach der Natur gezeichnete Bauchansicht Fig. 3. Auf diese Bilder sollen sich nun zunächst unsere Auseinandersetzungen beziehen.

Die jedesmalig jüngste Wand in der Scheitelzelle wird in beiläufig $\frac{1}{3}$ Höhe der nächst älteren aufgesetzt. Sie ist ursprünglich unter annähernd 45° gegen die Längsaxe des Vegetationskegels geneigt, doch wird das weitere Wachsthum der Segmente alsbald so regulirt, dass sie schon in geringer Entfernung vom Scheitel senkrecht gegen die Längsaxe des Vegetationskegels zu stehen kommt. Dieses Senkrechtwerden trifft aber nur denjenigen Theil dieser Wand, der ausserhalb der Ansatzstelle der nächst höheren Wand

liegt; der innere Theil dieser Wand behält mehr oder weniger seine ursprüngliche Lage und bildet mit den entsprechenden Theilen der vorausgegangenen und der folgenden Wände die zickzackförmig gebrochene mittlere Wand *M.*, welche den Vegetationskegel sofort in eine rechte und eine linke Hälfte zerlegt (Fig. 1 *a* u. 1 *b*, 3). Diese mittlere Wand behält bei *Azolla* zum Unterschiede von *Salvinia* (Vergl. Taf. XXIV u. XXV l. c. bei Pringsheim) auch in den älteren Theilen ihre zickzackförmige Brechung und wird so, auch in den vom Scheitel entfernteren Orten, noch die mittlere Höhe der ursprünglichen Segmente, durch die zahnartigen Vorsprünge angezeigt.

Wegen der ungleichen Neigung ihrer Hauptwände (der scheitelsichtigen [akroskopen] und der grundsichtigen [basiskopen] Wand) nehmen die jüngsten Segmente von innen nach aussen, beiläufig um $\frac{1}{3}$ an Höhe zu; die Höhendifferenz gleicht sich aus, sobald die Aussentheile der beiden Hauptwände senkrecht gegen die Längsaxe des Vegetationskegels zu stehen kommen, gleichzeitig wird nun aber die Bauchseite eines jeden Segmentes in ihrer Entwicklung gefördert, so dass das Segment hier um ein Bedeutendes höher als auf der Rückenseite wird und in gleichmässigem Zusammenwirken mit anderen Segmenten die starke Aufwärtskrümmung des ganzen Vegetationskegels veranlasst (Fig. 1 *c* u. 1 *d* u. 6—9; in Fig. 1 *a* u. 1 *b* weggelassen). Diese Krümmung gleicht sich erst in etwa 0,134 Mm. Entfernung vom Scheitel durch nunmehr eintretendes stärkeres Wachsthum der Zellen der Rückenfläche aus. Der Stamm wird von dieser Stelle an gerade (Fig. 9 Taf. I).

Jedes Segment theilt sich zunächst durch eine zu seinen beiden Hauptwänden senkrechte Längswand (1): die Quadratwand ¹⁾ (Taf. I. Fig. 2 *a* u. 2 *b*), in eine Bauch- (*B*) und eine Rücken Hälfte (*R*). Diese Theilung erfolgt schon in dem zweitjüngsten Segmente (Fig. 1 *c* u. 1 *d*). Scheitelansichten des Vegetationskegels zeigen deshalb in geringer Tiefe über Kreuz gestellte Scheidewände (Taf. I Fig. 6 an der unteren Seitenknospe *S.K.* u. Fig. 10). Die Bauch- und Rücken Hälfte sind zunächst von annähernd gleicher Grösse. Die nächstfolgende Scheidewand (2) in den beiden Segmenthälften (Fig. 2 *a* u. *b*) ist quergestellt und zerlegt sie in eine scheitelsichtige und grundsichtige Hälfte, beide von gleicher Grösse. Hierauf folgt sowohl in der Bauch- wie auch in der Rücken Hälfte eine senkrechte Wand (3), die in den je beiden übereinanderstehenden Zellen gleich gerichtet ist und in dem Winkel ansetzt, den die Quadratwand (1) an der akroskopen und basiskopen Innenkante des Segmentes mit der Mittelwand (*M*) bildet; von hier aus läuft sie diagonal

¹⁾ Die Halbirungswand Leitgebs.

nach aussen bis sie die freie Aussenfläche des Segmentes erreicht (Fig. 2 *a* u. *b* auch Fig. 11 u. 12). Durch diese Wand, die wir Octantenwand nennen wollen, wird jede der vier das Segment jetzt aufbauenden Zellen von neuem in je zwei seitliche, annähernd gleiche Hälften zerlegt. Diese Wand (3) zeigt aber eine weitere Eigenthümlichkeit. Scheitelwärts und grundwärts in dem Winkel ansetzend, den die Quadratwand (1) mit der scheitelsichtigen und grundsichtigen Kante des Segmentes bildet, folgt sie nicht dem mittleren, zahnförmigen Vorsprung der Innenwand, läuft vielmehr in gerader Richtung von der scheitelsichtigen zur grundsichtigen inneren Segmentkante, auf diesem Wege an die Quadrantenwand (1) anschliessend (Fig. 2 *b*). Auch ist diese Octantenwand (3) in ihrem diagonalen Verlauf nicht ganz gerade, vielmehr an ihrer innersten Ansatzstelle gegen die Innenwand des Segmentes gebogen, in dieser Beziehung durchaus an die Sextanten-Wände in den Wurzeln der Gefässcryptogamen und an die zweite Theilungswand im Stamme von *Equisetum* erinnernd¹⁾ (Fig. 2 *a* u. *b*, 11 u. 12). Je eine vierte Wand (4) setzt dann zu beiden Seiten der Quadrantenwand (1) und parallel zu ihr an die Octantenwand (3) und an die Innenwand des Segmentes (Fig. 2 *b*) an: ich will sie als Gefässwand bezeichnen. Durch diese Wand (4) werden von den vier an die Mittelwand grenzenden Zellen des Segmentes, vier kleine, innere Zellen (*e*) von scharf zugespitzter keilförmiger Gestalt abgeschnitten, Zellen, die bei Frontansichten des Vegetationskegels als rechteckige Dreiecke, bei Seitenansichten als langgezogene Rechtecke erscheinen müssen. Diese Zellen sind sich in entgegengesetzter Stellung superponirt und ergänzen sich so in den aufeinanderfolgenden Segmenten zu zwei sich mit einer Seitenfläche berührenden viereckigen Säulen. Die Zellen, welche diese Säulen zusammensetzen, liegen abwechselnd rechts und links von der zickzackförmig gebrochenen Mittelwand. Daher auf optischen Querschnittsansichten des Vegetationskegels die zunächst befremdende Erscheinung, dass man diese Zellen (*e*) bei Aenderung der Einstellung von der einen auf die andere Seite der Mittelwand wandern sieht. Stellt man auf die Grundflächen dieser keilförmigen Zellen ein, so erscheinen dieselben viereckig und sind allein auf der einen Seite der Mittelwand sichtbar (Fig. 11); dreht man nun langsam an der Micrometerschraube, so werden diese Zellen allmählig schmaler, sie ziehen sich auf die Mittelwand zurück, während gleichzeitig zu der andern Seite der letzteren zwei andere schmale, ähnliche Zellen auftreten, langsam breiter

¹⁾ Nägeli u. Leitgeb: Beitrag zur wiss. Bot. Viertes Heft p. 78 u. Taf. XI Fig. 7, Taf. XII Fig. 8 u. s. w.; so auch M. Reess: zur Entwicklungsgeschichte d. Stammspitze v. *Equis.* Jahrb. f. wiss. Bot. p. 215 u. Taf. X Fig. 3, 7, 8 u. Taf. XI Fig. 5 c.

werden (Fig. 16) und schliesslich ihren weitesten Durchmesser erreichen, im Augenblick wo die ersteren schwinden (Fig. 12).

Durch die eben geschilderten Theilungen im Segment ist bereits, der Hauptsache nach, seine endgültige Gliederung durchgeführt.

Die Zellen *a* oder *a*¹ (Schema Fig. 2*a* u. 2*b*), der Rückenhälfte des Segmentes angehörend, erzeugen die Blätter; die Zellen *c* oder *c*¹, der Bauchseite des Segments angehörend, die Seitenknospen. Die Zellen *d* oder *d*¹ (oder vielmehr ihr unmittelbarer Nachkomme) ebenfalls auf der Bauchseite: die Wurzeln. Die Nachkommen der Zellen *b* und *b*¹, auf der Rückenseite, erzeugen endlich nur Haare. Die zuletzt geschilderten Zellen *e* und *e* werden zur Bildung der primären Gefässe des Stammes verwendet.

Die sich entsprechenden Zellen der oberen und unteren Etage im Segmente sind in potentia gleich; welche von ihnen zur Erzeugung eines seitlichen Gebildes verwerthet werden soll, wird allein nur durch das Verhalten der älteren Segmente bestimmt. Ich liess mich lange Zeit durch den Umstand irre führen, dass ich das eine Mal das Blatt aus der basiskopen, das andere Mal aus der akroskopen Segmenthälfte sich entwickeln sah; es schien kaum möglich, ein allgemeines Gesetz für dieses Verhalten zu gewinnen; endlich löste sich das Räthsel, als es mir sicher festzustellen gelang, dass sich für ein und dasselbe Exemplar die einzelnen Seiten stets gleich verhalten d. h. auf der einen Seite die Blätter constant nur aus der akroskopen, auf der anderen Seite stets nur aus der basiskopen Segmenthälfte sich bilden. Welche Seite aus den akroskopen, welche aus den basiskopen Segmenttheilen ihre Blätter entwickeln soll, wird aber durch den Ursprung des Sprosses bestimmt dem sie angehören. Jeder Spross beginnt mit einem innern, dem Mutterspross dem er entsprungen, zugekehrten Blatte; er erzeugt das erste Blatt aus seinem ersten Segmente und zwar aus dessen akroskopem Theile, hiermit ist für den ganzen Spross, so lange er fortwächst, das Verhältniss der Seiten bei der Blattbildung bestimmt. Ist der neue Spross rechts an seinem Muttersprosse entstanden, so wird er sein erstes Blatt links tragen, und so auch in aller Zukunft auf seiner linken Seite die Blätter aus den akroskopen, auf der rechten aus den basiskopen Segmenttheilen erzeugen; ist der neue Spross links an seinem Muttersprosse gestellt, so tritt das umgekehrte ein, und wir werden an seiner linken Seite die Blätter aus den basiskopen, auf der rechten aus den akroskopen Segmenttheilen sich bilden sehen.

Jedes Blatt ist von einem nächstfolgenden nach oben und unten durch eine Stengelscheibe von halber Segmenthöhe geschieden (Fig. 1 *a*, *b*, *c* u. *d*, 3 u. 4);

diese Internodialscheibe besteht aus einer älteren und jüngeren Hälfte, entsprechend ihrer Zusammensetzung aus der oberen Hälfte des einen Segmentes auf der einen, aus der unteren Hälfte eines andern Segmentes auf der entgegengesetzten Seite. Die Blätter stehen wie aus Obigem folgt alternirend in zwei graden, einander auf der Rückenfläche des schwimmenden Stammes genäherten Reihen. Vergl. das Schema *R.A.* = Rückenansicht; *B.A.* = Bauchansicht; *R.S.A.* = rechte Seitenansicht; *L.S.A.* = linke Seitenansicht.

Während die Blätter aus den rückenständigen Theilen der Segmente entstehen, werden die Seitenknospen aus den bauchständigen Theilen derselben erzeugt. Sie können wie schon erwähnt, sowohl aus der Zelle *c* als auch der Zelle *c*¹ ihren Ursprung nehmen. Welche von beiden den Vorzug erhalten soll, hängt von ähnlichen Verhältnissen wie bei der Blattbildung ab; auch hier ist es auf der einen Seite stets die scheitelsichtige, auf der andern die grundsichtige Zelle die zur Verwerthung kommt, und zwar gehört sie immer der scheitel- und bauchwärts auf das nächst tiefere Blatt unmittelbar folgenden Segmenthälfte. Auf derjenigen Seite des Stammes also, wo die Blätter aus den Zellen *a*¹ der basiskopen Segmenthälfte entstehen, werden die Achselknospen von den Zellen *c* der akroskopen Hälfte desselben Segmentes gebildet (Fig. 2*a*); wo erstere den Zellen *a* einer akroskopen Segmenthälfte entspringen, werden letztere der basiskopen Hälfte des nächst höheren Segmentes angehören (Fig. 3 rechts, vergl. auch das Schema Fig. 1). Wir sehen aus diesem, dass die Seitenknospen hier in einer gewissen Beziehung zu den Blättern stehen, wenn auch diese Beziehung, wie die Entwicklungsgeschichte lehrt, ganz primärer Art ist. Die Blätter werden früher als die ihnen nächsten Seitenknospen angelegt, ja ich habe stets scheitelwärts auf der entgegengesetzten Seite des Vegetationskegels, auch schon eine beginnende Blattanlage zur Zeit der Anlage der obersten Seitenknospen gesehen (Fig. 3). Die Blattstellung bestimmt also zwar nicht die Entstehung der Seitenknospe aus den Zellen *c* im Allgemeinen, wohl aber ob dieselbe im Besonderen aus der Zelle *c* oder *c*¹ gebildet werden soll. Diese Seitenknospen, wegen ihrer Beziehung zum Blatte Achselknospen zu nennen, so wie es in ähnlichen Fällen Mettenius¹⁾ und Hanstein²⁾ gethan, scheint mir wenig gerechtfertigt, da sie de facto nicht in den Achseln der Blätter stehen. Mit demselben Rechte müsste man dann auch die Zweige der Moose, die nach den Angaben von Leitgeb³⁾

¹⁾ Seitenknospen der Farne. Abhandl. der k. Sächs. Ges. d. Wiss. VII 611 sq.

²⁾ Jahrbücher f. wiss. Bot. Bd. 1V p. 243.

³⁾ Zuletzt in der Bot. Zeit. 1871. Sp. 37 u. f. und in dem LXIII. Bande der Sitzb. der k. Ak. d. Wiss. I. Abth. Jännerheft 1871 p. 22.

aus dem basiskopen Theile eines Segmentes, das aus seinem akroskopen Theile das Blatt erzeugt, gebildet werden, als Achselknospen bezeichnen. Ja selbst in dem Falle, dass durch diese Bezeichnungsweise nur ausgedrückt werden sollte (was meines Wissens in diesem Sinne nie geschehen) dass aus derartigen Seitenknospen die Achselknospen der Phanerogamen entstanden, wäre dieselbe zu verwerfen; denn wenn auch wirklich (was sehr wahrscheinlich) die Achselknospen der Phanerogamen mit diesen, bereits eine Beziehung zu den Blättern zeigenden Knospen genetisch zusammenhängen, so können sie aus denselben doch nur erst durch langsames Einrücken in die Blattachsel entstanden sein. Hier sind sie eben noch extraaxillär, und da dieser Zustand entschieden der ursprüngliche ist, so kann der Namen für denselben nicht von einem abgeleiteten, späteren, entlehnt werden. Etwas ganz Anderes ist es, wenn wir bei Phanerogamen Bildungen antreffen, die genetisch auf wirkliche Achselknospen zurückzuführen sind: wenn dieselben erst nachträglich aus der Achsel gerückt, das Deckblatt eingebüsst oder dergleichen andere Veränderungen erfahren haben. Dort können wir auch in solchen Fällen von Achselknospen sprechen, denn wir nehmen an, dass sie von bereits existirenden Achselknospen abstammen, nicht aber bei den hier in Frage kommenden Bildungen, von denen wir höchstens vermuthen können, dass aus denselben Achselknospen wurden. Selbstverständlich kann in solchen und ähnlichen Fällen noch viel weniger von Adventivknospen oder von Gabelung des Vegetationskegels, auf welche beiden Vorgänge Hofmeister noch neuerdings alle Verzweigung zurückführen will ¹⁾, die Rede sein. Dass wir es nicht mit einer Gabelung des Vegetationskegels zu thun haben, lehrt die Entwicklungsgeschichte, und dass man ein Gebilde, das an einem ganz bestimmten Orte aus einer ganz bestimmten Zelle constant angelegt wird, kein adventives nennen kann, ist von vorn herein einleuchtend. Wir wollen daher diese Knospen als stabile Seitenknospen bezeichnen.

Der Entstehungsort der Wurzel, ob aus der Zelle d oder d^1 , wird durch die Ursprungsstelle der Seitenknospe bestimmt. Die Wurzel steht nämlich stets in gleicher Höhe mit der Seitenknospe. Ist letztere aus der Zelle c entstanden, so sehen wir die Wurzel (W) aus der Zelle d sich bilden (Fig. 2 a), wird erste aus der Zelle c^1 entwickelt, so wird letztere aus der Zelle d^1 entspringen (Fig. 1 d u. e , Fig. 5 a u. b). Die sichtbare Differenzirung der

¹⁾ Allgemeine Morphol. p. 411 u. f.; Bot. Zeit. 1870 p. 464 und auch Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. III p. 280. — Vergl. auch das hierüber bereits gesagte in meiner Arbeit über Coniferen und Gnetaceen p. 329 u. f.

Zelle *d* zur Wurzelzelle beginnt erst zu einer Zeit, wo die ihr benachbarte Seitenknospe ihr erstes Blatt anlegt (Fig. 5 b). Ist es nun gerechtfertigt, in diesem Falle von Adventivwurzeln zu sprechen? ich denke mit eben demselben Rechte müsste man dann hier auch die Blätter und Seitenknospen adventiv nennen. Letzteres ist selbstverständlich nicht möglich, und also auch klar, dass wir es hier mit stabilen Wurzeln zu thun haben. Wir wollen diese Wurzeln analog den stabilen Seitenknospen: also als stabile Seitenwurzeln bezeichnen.

Wie wir aus obiger Beschreibung sehen, ist der Vegetationskegel von *Azolla* nicht wenig in seiner Differenzirung von *Salvinia* verschieden¹⁾; als übereinstimmend dürfte für beide Pflanzen nicht viel mehr als die zwei-flächig zugespitzte Scheitelzelle übrig bleiben.

Nach den Angaben von Pringsheim²⁾ theilt sich jedes Segment von *Salvinia* zunächst durch eine quere zu den Hauptwänden annähernd parallele Wand: in eine scheidel- und grundsichtige Hälfte; dann durch eine zu den Hauptwänden senkrechte, in eine rechte und linke Hälfte. Dann folgt eine weitere senkrechte, bogenförmig gekrümmte, welche in ihrem Verlaufe an unsere Octantenwand bei *Azolla* erinnert. Sie setzt beiderseits an die erste senkrechte Wand (unsere Quadrantenwand) an und läuft, ihre Convexität nach innen kehrend, diagonal nach aussen, bis sie die Aussenwand des Segmentes erreicht. Sie zerlegt das Segment nunmehr in vier innere und vier äussere Zellen. Vier derselben liegen auf der Rückenseite, vier auf der Bauchseite des Vegetationskegels. Von den vieren der Rückenseite werden die beiden an die Mittelebene des Vegetationskegels angrenzenden von Pringsheim als Rückenzellen, die beiden andern als primäre Seitenzellen des Rückens bezeichnet; ebenso die beiden an die Mittelebene auf der Bauchseite angrenzenden die Bauchzellen, die beiden andern primäre Seitenzellen des Bauches. Der nächste Theilungsschritt trifft nun nur die primären Seitenzellen sowohl des Rückens, wie auch des Bauches und zerlegt sie in je eine scheidelsichtige und eine grundsichtige Hälfte: in die Seitenzellen. Jedes Segment ist nunmehr in 12 Zellen zerlegt. Um diese Zeit beginnt die Blattbildung. Drei Blätter, d. h. zwei Luftblätter und ein Wasserblatt werden in gleicher Höhe aus dem Vegetationskegel angelegt

¹⁾ Vergl. die Figuren auf Taf. XXIV und XXV bei Pringsheim l. c.

²⁾ l. c. p. 494 u. f.

und zwar an einer Scheibe, welche die Höhe nur eines halben Segmentes hat, und somit aus der oberen Hälfte eines älteren Segmentes auf der einen und der unteren Hälfte eines jüngeren Segmentes auf der anderen Seite aufgebaut wird. Das eine Luftblatt (inneres Luftblatt Pringsheim) wird aus der jüngeren Hälfte der Knotenscheibe und zwar aus der unteren (grundsichtigen) Rückenzone, das andere Luftblatt (äusseres Luftblatt Pringsheim) und das Wasserblatt aus der älteren Hälfte der Knotenscheibe erzeugt; und zwar entspringt das Luftblatt stets der obersten (scheitelsichtigen) secundären Seitenzone des Rückens, das Wasserblatt der primären Seitenzone des Bauches. Die Knotenscheiben werden durch Internodialscheiben getrennt, welche die Höhe eines ganzen Segmentes einnehmen, und müssen daher die Blätter der aufeinanderfolgenden Knoten alterniren. Ich verweise im Uebrigen auf die schöne Pringsheim'sche Arbeit. Das hier Angeführte reicht völlig hin, um das Verhältniss von *Salvinia* zu *Azolla* festzustellen. — Es gleichen sich beide vegetativ kaum mehr, ja noch weniger, als den andern *Rhizocarpeen*. — Wurzeln fehlen der *Salvinia* ganz, ihre Functionen werden von dem Wasserblatte übernommen. — An jedem Knoten von *Salvinia* wird eine Knospe angelegt, doch war Pringsheim nicht im Stande, mit völliger Sicherheit dieselbe bis auf ihre erste Zelle zurückzuführen¹⁾. Sie steht in dem Raume zwischen dem Wasserblatte und dem äusseren Luftblatte, erstreckt sich aber mit ihrer Basis noch bis vor das Wasserblatt. Hin und wieder wird sie sogar ein Stück weit an der Basis des Wasserblattes hinaufgerückt und verräth so eine Beziehung zu demselben. Ihr Gefässbündel geht direct von dem Gefässbündel des Stengels aus; trotzdem neigt Pringsheim zu der Auffassung, wie sie Hofmeister für Farne gegeben, dass nämlich diese Knospe ein Adventivspross des Wasserblattes sei. — Nach der Erfahrung, die wir bei *Azolla* gemacht, dürfte wohl kaum zu zweifeln sein, dass der Knospe hier ein ganz ähnlicher Ursprung und eine ganz gleiche Bedeutung zukomme, wenn dieselbe auch erst durch weitere Untersuchungen endgültig festzustellen sein wird. Im Gefässbündel, das nach den Angaben Pringsheim's unmittelbar an das Gefässbündel des Stammes anschliesst, finden wir bereits eine directe Stütze für unsere Annahme.

Mit einigen Worten bleibt mir hier noch *Marsilia* zu erwähnen²⁾. Dieselbe unterscheidet sich von *Azolla* sofort durch ihre dreiflächig zuge-

¹⁾ l. c. p. 508.

²⁾ Vergl. Hanstein: Die Befruchtung und Entwicklung der Gattung *Marsilia*. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IV, p. 197.

spitzte Scheitelzelle. Auch werden die Blätter von Marsilia nach den Angaben von Hanstein aus ganzen Segmenten angelegt und ähnlich nur darin der Azolla, dass sie in zwei Reihen alternirend auf der Rückenseite des Stengels stehen. Wie viel Interstitialzellen zu entstehen haben, bis auf ein gegebenes Blatt das nächste folgt, konnte Hanstein nicht feststellen, doch ist wahrscheinlich, dass die Zahl der Zwischenzellen gemäss der temporären Ueppigkeit des Wachstums veränderlich sei ¹⁾. Die Scheitelzelle des Stammes ist so orientirt, dass sie zwei ihrer Seitenflächen geneigt nach oben, die dritte horizontal nach unten stellt, und bildet dem entsprechend drei Reihen von Segmenten. Die Blätter werden nur aus den oberen Segmenten entwickelt, die untere Segmentreihe erzeugt nur Internodialzellen und aus diesen Wurzelanfänge. „Die zweite Wurzel (des ganz jungen Pflänzchens)“, schreibt Hanstein ²⁾, „tritt an der Flanke der Bodenseite der Stammknospe so auf, dass sie in ihrer Richtung der des zweiten Blattes (ersten Laubblattes) sich fast entgegengesetzt und nahezu unter der Basis des dritten erscheint. Aehnlich erscheinen die folgenden im Verhältniss zu den späteren Blättern, doch eben nicht ganz regelmässig, weil die Zahlen nicht stimmen und neue Adventivwurzeln zwischen den älteren nachkommen. Die Wurzeln bilden zwei fortlaufende Reihen seitlich an der unteren Fläche des Stammes, wie die Blätter näher seinem Rücken. Jede geht aus einer in einer tieferen Schicht gelegenen Urzelle hervor, die sich nach demselben Theilungsgesetz wie die Anfangszelle der ersten Wurzel fortentwickelt“. Leider lässt sich aus dieser Schilderung Hanstein's noch nicht viel über die eigentliche Stellung der Wurzeln von Marsilia ansehen; immerhin scheinen es dort auch stabile Seitenwurzeln in demselben Sinne wie bei Azolla zu sein. Ueberhaupt wird es uns schon aufgefallen sein, dass, was die allgemeine Vertheilung der Glieder an der Axe anbetrifft, die Aehnlichkeit zwischen Azolla und Marsilia viel grösser ist als zwischen Azolla und Salvinia. Auch dürfte den Seitenknospen von Marsilia eine ganz ähnliche Stellung und ein ähnliches Verhältniss zu den Blättern zukommen, wie den stabilen Seitenknospen von Azolla, wenigstens erfahren wir aus Hanstein's Schilderung: dass ein jedes Blatt von Marsilia eine Knospe in seiner Achsel zeigt, und zwar etwas schief nach der Bodenseite des Sprosses gerichtet.

So haben wir bei Azolla und Salvinia dieselbe zweiflächig zugespitzte Scheitelzelle und doch ganz verschiedene Gliederung, bei Marsilia eine ver

¹⁾ l. c. p. 241.

²⁾ l. c. p. 244.

schiedene, dreiflächig zugespitzte Scheitelzelle und doch eine ganz ähnliche Gliederung wie bei *Azolla*.

Der Bau des Stammes.

Dicht unter dem Scheitel des Vegetationskegels von *Azolla filiculoides* Lam. zeigt der Querschnitt (Taf. I, Fig. 10)¹⁾, wie schon erwähnt, zwei sich kreuzende Scheidewände. Die eine von der Rücken- zur Bauchfläche laufend, ist die zickzackförmig gebrochene mittlere Wand, welche den Kegel in eine rechte und linke Seite zerlegt; die andere, von rechts nach links laufend, ist die Quadrantenwand, welche von beiden Seiten an die Mittelwand anschliessend den Kegel in eine Bauch- und Rücken Hälfte trennt. Der ganze Querschnitt erscheint fast kreisrund, nur wenig von der Bauch- und Rückenseite abgeflacht etwa 0,021 und 0,024 Mm. im Durchmesser.

Auf etwas tiefer geführten Querschnitten, durch das 3 — 4 Segment vom Scheitel, kommen die diagonal gestellten Octantenwände zum Vorschein (Fig. 11 und 12), zuerst auf der einen, dann auf der anderen Seite des Kegels. Der früheren Beschreibung gemäss sieht man sie von beiden Seiten nicht in gleicher Entfernung von der Mittelwand inserirt, vielmehr von der einen Seite entfernter, von der anderen näher, ja sogar die Mittelwand berührend. Dieses Verhältniss wechselt bei Aenderung der Einstellung, wobei man die Insertion der Octantenwände unverrückt, die Mittelwand aber von der einen nach der anderen Seite sich bewegen sieht.

Schon in gleicher Höhe zeigen sich die Gefässwände (4) (Fig. 11 u. 12) und sieht man nun abwechseln von der rechten oder der linken Seite der Mittelwand an dieselbe und die Quadrantenwand anstossend, zwei bei weitestem Durchmesser viereckige Zellen. Sie erreichen etwa nur 0,003 Mm., beiläufig ein Viertel des Halbmessers des ganzen, fast kreisförmigen Querschnittes von 0,027 Mm. Durchmesser.

Die demnächst auftretende Wand ist die Epidermiswand (5) (Taf. I, Fig. 16 auch Fig. 9), sie tritt in allen 8 peripherischen Zellen des Querschnittes (von etwa 0,031 Mm.) parallel zu ihrer Aussenseite auf, gegen 0,004 Mm. von der Peripherie entfernt. Die durch diese Wand nach aussen abgeschiedenen Zellen sind wohl als Epidermiszellen zu bezeichnen; sie theilen sich in der Folge vorwiegend nur durch radiale Wände und bilden

¹⁾ Alle Querschnitte sind auf der Tafel gleich orientirt: mit der Rückenfläche nach oben.

die äusserste Hülle des Stammes, ohne jedoch von nächstfolgenden inneren Schichten anatomisch recht different zu werden.

Dann folgen, nur um ein Weniges später, Scheidewände (6) (Fig. 16 u. 9), die den Epidermiswänden parallel sind und die mittleren Zellen theilen. Sie halten sich etwas näher der Mitte, so dass die durch diesen Theilungsschnitt abgeschiedenen äusseren Hälften der mittleren Zellen durchschnittlich etwas grösser als die inneren sind. Ich will diese Wände als Cambiumwände (c) bezeichnen, weil sie nach innen hin den Cambiumcylinder begrenzen.

Die noch aussen, zwischen denselben und den Epidermiswänden liegenden Zellen, sind die Rindenzellen, es wird an denselben die ganze Rinde erzeugt. Sie nehmen zunächst an Grösse zu (Fig. 19); so finde ich an einem Querschnitte von 0,0423 Mm. Durchmesser die Epidermiszellen durchschnittlich 0,0058 Mm., die Rindenzellen 0,0077 Mm., in radialer Richtung messend; die Cambiumwand ist auf derjenigen Seite des Querschnittes, wo die Octantenwände bis an die Mittelwand reichen, nur etwa 0,0058 Mm. vom Mittelpunkte entfernt, auf der andern Seite hingegen, wo die Octantenwände an die Quadrantenwand anliegen und die Zellen *e* stehen, beträgt diese Entfernung vom Mittelpunkte durchschnittlich 0,0105 Mm., die Entfernung von der Gefässwand (4) hingegen, ungefähr eben so viel, wie die vom Mittelpunkte auf der anderen Seite. Die weitere Entwicklung der Rindenzellen ist übrigens bei *Azolla filiculoides* sehr einfach, da die ganze Rinde der Hauptsache nach nur zwei- höchstens dreischichtig wird; die Rindenzellen haben sich also nur ein- höchstens zwei Mal tangential und gleichzeitig auch ein- höchstens zwei Mal radial zu theilen.¹⁾ (Fig. 9, 19 (7), 21, 22). Die Rindenzellen bleiben auch im fertigen Zustande fest unter einander verbunden, ohne, wie dieses sonst bei Wasserpflanzen zu geschehen pflegt, Intercellulargänge zu bilden.

Innerhalb des von den Cambiumwänden umschriebenen centralen Cylinders wird das Gefässbündel angelegt. Ich habe die Wände als Gefässwände bezeichnet, weil die durch dieselben abgeschiedenen zwei centralen Zellen unmittelbar (seltener nach einmaliger longitudinaler Theilung) zu den ersten Gefässen des Stammes werden. Schon auf dem Zustande der Fig. 19 zeichnen sich diese Zellen durch die beginnende Verdickung ihrer Wände aus. Bei weiterer Differencirung des Bündels sehen wir zunächst die Zellen des Cambiumcylinders im Umkreis der primären Gefässzellen wiederholt (3—4 Mal)

¹⁾ Hin und wieder werden auch noch von den innern Rindenzellen aus, an einzelnen Stellen seltener im ganzen Umkreis, flache Zellen um den Cambiumcylinder abgeschieden.

tangential sich theilen (Fig. 21, 22, 23, 24, Taf. I u. Fig. 25, 26, 27 Taf. II). Die Bildung neuer Gefässe setzt aber an die älteren an, von hier aus peripherisch sich fortentwickelnd (Fig. 21, 22, 23). Radiale Theilungen bleiben in den innersten auch so schon engen Procambiumzellen aus, die mittleren theilen sich ein bis zwei Mal, die äussern zwei bis höchstens drei Reihen bleiben wiederum ungetheilt und bilden einen Gurt flacher Zellen, an das Pericambium der Wurzeln erinnernd, um das Gefässbündel (Fig. 21—24). Mit der Weiterentwicklung und Anlage neuer Gefässe wird die ursprüngliche Anordnung der Procambiumzellen etwas gestört, doch nicht in dem Maasse, dass sich in den meisten Fällen die primären Wände des Segmentes bis zum Mittelpunkte der Axe nicht noch verfolgen liessen. (Vergl. die Figuren.) Die primären Gefässe des Bündels hören bald auf, sich von den secundären auszuzeichnen, hingegen nehmen meist zwei (auch mehr, selten weniger) der Bauchseite des Stengels gehörenden Gefässe bedeutend an Grösse zu (Taf. I, Fig. 24 u. Taf. II, Fig. 25) und werden um ein Vielfaches weiter als die übrigen. Sie gehören, wie gesagt, der Bauchseite des Bündels an und werden von den Quadrantenwänden stets durch langgezogene Parenchymzellen und durch kleinere Gefässe getrennt (Fig. 24), unter welchen auch rechts oder links an der Mittelwand eines der primären Gefässe sich vorfindet. — Alle Gefässe des Bündels, auch die grossen, sind Schraubengefässe, die engen zeigen weitere, die weiten ganz enge Windungen (Fig. 24, 25, 26, 27). Alle Gefässe sind von dünnwandigen langgezogenen Parenchymzellen umgeben, letztere stehen auch im Umkreise des ganzen Bündels. Das ganze Bündel zeigt somit einige Aehnlichkeit mit einem Farnbündel, freilich von einfachster Art, wie ja auch sonst Wasserpflanzen sich durch den einfachen Bau ihrer Bündel auszuzeichnen pflegen. An dieses centrale Bündel liegen die Bündel der Blätter, der Seitenknospen und der Wurzeln an und zwar, wie die Untersuchung zeigt, an ganz bestimmte Gefässe desselben. Vorausgeschickt sei, dass sowohl in dem Segmenttheile, welcher das Blatt erzeugt: also der Zelle *a* oder *a*¹, als auch demjenigen Segmenttheile, welcher die Seitenknospe erzeugt: also der Zelle *c* oder *c*¹, endlich auch in dem Segmenttheile, welcher die Wurzel erzeugt: also der Zelle *d* und *d*¹, die Bildung der Cambiumwand unterbleibt. Genannte Gebilde stossen unmittelbar mit ihrer Basis an die die primären Gefässe erzeugenden Zellen *e*, und legen an diese ihre Gefässe an. (Vergl. das Schema Fig. 2.) Dieses ist also die Bedeutung, welche der primären schon auf den ersten Entwicklungsstadien angelegten Gefässwand 4 zukommt. Fig. 25, Taf. II zeigt die Insertion des Blattbündels. In diesem und so auch in allen anderen Fällen

sehen wir das Gefäss, welches nach dem Blatte abgeht, an das oberste Gefäss rechts oder links auf der Rückenseite des Stengel-Bündels ansetzen. Ein Vergleich mit jüngeren Figuren, ja eine sorgfältige Prüfung des älteren Präparates selbst, das in dem Verlauf der Mittelwand, der Quadranten- und Octantenwände, noch durchaus sichere Anhaltspunkte gewährt, überzeugt uns, dass wir in diesem rückenständigen Gefässe wirklich das obere der beiden primären aus den Zellen *e* entstandenen Gefässe des Stengels zu erkennen haben. — Das Gefässbündel der Seitenknospe setzt, wie Fig. 26, Taf. II zeigt, mit einem engen Gefässe an das Bauchständige der beiden primären Gefässe an, dieses erste und oberste Gefäss wird ausserdem aber von anderen verstärkt, die bauchwärts auf das erste folgen. Besonders ausgezeichnet unter letzteren ist ein oder einige sehr weite Schraubengefässe, welche den weiten Schraubengefässen der Bauchseite der Mutteraxe gleichwerthig sind und an diese auch auf der entsprechenden Seite anschliessen. (Fig. 26, Taf. II.) Das Bündel der Seitenaxe ist somit quer dem Bündel der Mutteraxe inserirt. In derselben Höhe wie das Seitenknospenbündel setzt auch das Wurzelbündel an und zwar (wie dieselbe Fig. 26 zeigt) an dasselbe weite Gefäss der Bauchseite des Stengels, von dem auch das weite Seitenknospenbündel ausgeht.

Die Theilungsvorgänge am Vegetationskegel haben uns gelehrt, dass die Seitenknospe der scheidelwärts auf das Blatt unmittelbar folgenden Segmenthälfte angehört. Blatt und Seitenknospe stehen daher in der Jugend in unmittelbarer Nähe. Auf späteren Entwicklungszuständen rücken sie jedoch auseinander. Bei *Azolla filiculoides*, wo der Stengel bald sein Wachsthum vollendet hat, und eine nur geringe Stärke erreicht, ist dieses Auseinanderrücken nur unbedeutend. Die Insertionsstellen von Blatt und Seitenknospe bleiben in einem Verhältniss zu einander wie es durch den tangentialen Schnitt Fig. 48, Taf. III u. Fig. 72, Taf. V uns bei 240maliger Vergrösserung vorgeführt wird. Bei *Bl.* sehen wir in Fig. 72 die Insertionsstelle des Blattbündels, bei *Sk.* des Seitenknospenbündels, bei *W.* in derselben Figur auch eine junge Wurzel, die in ihrer Einfügung sich stets fast in derselben Höhe wie die Seitenknospe hält. Bei *Azolla filiculoides* bleiben die Verhältnisse auch im ausgewachsenen Zustande Fig. 48, Taf. III wie an dem zuletzt geschilderten, einem noch jungen Spross entnommenen Bilde (Fig. 72); so auch bei *Azolla caroliniana Willd.* Bei *Azolla pinnata R. Br.* hingegen und *nilotica de Caisne* rücken bei länger anhaltendem Wachsthum der Segmente Blatt und Seitenknospe aus einander. In besonders auffallendem Maasse findet dieses bei *Azolla nilotica* statt. (Taf. VII, Fig. 114.)

Der Stamm derselben wächst lange Zeit fort und erreicht eine ansehnliche Stärke, und seine Seitenknospen werden alsdann ganz dem Bereich der ihnen sonst nächsten Blätter entrückt. Ich maass in vielen Fällen diese Entfernung bis auf 3 Mm., sie kann auch noch bedeutender werden. Die Seitenknospe steht dann nur wenig tiefer als das ihr scheitelwärts nächste, auf der entgegengesetzten Seite des Stammes inserirte Blatt. Die Streckung der Axe scheint hier also hauptsächlich in dem Zwischenraum zwischen der Insertion des Blattes und der ihr benachbarten Seitenknospe zu erfolgen, während der ursprünglich eben so grosse Theil, der diese Seitenknospe scheitelwärts von dem ihr nächsten, gegenüberstehenden Blatte trennt, nur ein geringes Wachstum erfährt. Wir setzen dabei voraus, dass die Anlage der Blätter und Achselknospen in demselben Verhältnisse am Vegetationskegel von *A. nilotica* fortschreitet, wie von *A. filiculoides*; wir glauben uns zu dieser Annahme berechtigt: 1. durch die völlige Uebereinstimmung, die wir in diesfälligen Verhältnissen zwischen den beiden Arten, die wir nach Alcoholexplaren am Vegetationskegel untersuchen konnten: der *Azolla filiculoides* und *caroliniana* fanden, und 2. durch die Thatsache, dass an jungen Sprossen von *Azolla nilotica* die Raumverhältnisse der Theile zunächst ganz die nämlichen wie bei *Azolla filiculoides* sind und erst mit dem Alter sich ändern. Ueberhaupt zeigen alle *Azolla*-Arten in ihren vegetativen Theilen eine solche Aehnlichkeit, tragen so sehr das Gepräge nächster Verwandtschaft, dass eine Verschiedenheit in den ersten obersten Gliederungsvorgängen kaum denkbar ist. — *Azolla pinnata* hält so ziemlich die Mitte zwischen den beiden erst genannten (der *Azolla filiculoides* und *caroliniana*) und der *nilotica*. Die Seitenwurzeln folgen in ihrer Insertion stets den Seitenknospen, sie halten sich in fast gleicher Höhe mit denselben.

Interessant war es mir auch den stärkeren Stamm einer *Azolla nilotica* zu untersuchen und zu sehen, auf welche Weise derselbe gebaut sei. Freilich war ich hierbei allein auf aufgeweichtes Material angewiesen, welches nur unvollständige Präparate ergab. Immerhin konnte ich sehen, dass sich auch der stärkste Stamm von *A. nilotica* nicht wesentlich von *A. filiculoides* unterscheidet. Ich finde dasselbe centrale Gefässbündel von dem früher geschilderten nur durch die grössere Zahl der Gefässe unterschieden.¹⁾ Auch hier zeigen die Gefässe nur schraubenförmige, an den ältesten ringförmige Verdickung; Treppengefässe, die man der Verwandtschaft zu den Farnen wegen hätte erwarten können, fehlten wie bei *A. filiculoides*. Die

¹⁾ Dieses Bündel ist, das Mettenius schildert in: *Azolla nilotica*. Seorsum impressa ex Dr. Theodor Kotschy Plantis Tinneanis. Erste Seite, erste Spalte.

grossen Gefässe liegen wie bei *A. filiculoides* auf der Bauchseite des Stengels, hier, wo sie in grösserer Anzahl vorhanden, zu einem Halbkreis angeordnet. Die grösseren Gefässe nehmen die Mitte, etwas kleinere die beiden Enden des Bogens ein, der seine convexe Seite der Bauchfläche des Stengels zukehrt. In der Convexität des Bogens liegen kleinere Gefässe von den grossen Gefässen derselben durch langgezogene dünnwandige Parenchymzellen getrennt, welche in den getrockneten Pflanzen meist zerrissen und verschurpft sind. Aus diesen dünnwandigen Elementen und vereinzelt enge Gefässen wird das ganze übrige Bündel aufgebaut, im Umkreise von den durch ihre Lage an Pericambium erinnernden Zellen umgeben, die hier weniger flach als bei *Azolla filiculoides* erscheinen, doch deshalb nur, weil sie durch zahlreiche Scheidewände auch in radialer Richtung sich getheilt haben. Die Rinde ist doppelt so stark als bei *A. filiculoides*. Die innerste Rindenschicht zeigt im älteren Stengel eine Art von Verdickung, die an die Gefässbündelscheiden der Farne, auch an gewisse Wurzelscheiden erinnert. Die Zellen sind nämlich an der innern Seite weit stärker, hufeisenförmig verdickt und stark rothbraun gefärbt. Nach Bildung dieser Bündelscheide scheint die ganze Rinde abzusterben; ich finde sie an älteren Stengeln gebräunt, die Zellen zickzackförmig in einandergreifend, doch fest, wie bei *A. filiculoides*, ohne Intercellularräume, die man sonst bei Wasserpflanzen anzutreffen pflegt, aneinanderschliessend. Die äusserste Zellenschicht: die Epidermis, unterscheidet sich nur wenig von den folgenden. Sie trägt steife einzellige Haare, die auch an der abgestorbenen Rinde erhalten sind, gleich wie die Zellen jener letzteren gebräunt, stark verdickt sind und mit zusammengefallenen Lumen, den Epidermiszellen äusserlich aufgesetzt, steif von dem Stengel abstehen.

Die eben gegebene Schilderung des centralen Bündels von *Azolla nilotica* stimmt mit der Mettenius'schen Beschreibung überein, die er zwar für das ganze Genus *Azolla* giebt, von der aber anzunehmen ist, dass sie ausschliesslich nach Exemplaren von *Azolla nilotica* und zwar aller Wahrscheinlichkeit nach, nach Querschnitten der nämlichen, eben beschriebenen, auf der Tinne'schen Expedition (1863) im weissen Nil gesammelten und im Wiener Herbar aufbewahrten Pflanze entworfen ist.

Das Blatt.

Das fertige Blatt der *Azolla*-Arten ist bereits vielfach beschrieben worden¹⁾. Die Untersuchungen an dem Alcoholmateriale erlauben mir immer-

¹⁾ Im Allgemeinen richtig aber erst von Mettenius in der eben citirten Schrift in der 2. Spalte Seite 1 und 1. Sp. S. 2.

hin, auch in diesem Punkte, die früheren Angaben vielfach zu vervollständigen. Das fertige Blatt von *Azolla filiculoides* Lam., an das ich mich zunächst halte, ist wie dasjenige aller anderen *Azolla*-Arten aus zwei bis an ihre Basis getrennten Lappen zusammengesetzt (Taf. III, Fig. 49)¹⁾. Die Blätter stehen, wie erwähnt, in zwei alternirenden Reihen auf der Rückenfläche des Stammes (vergl. die Habitusbilder Fig. 109 — 115 auf Taf. VII). An Arten mit dichtgedrängten Blättern wie *Azolla filiculoides* und *caroliniana* scheinen sie in Folge der tiefen Zweitheilung vier Blattreihen zu bilden²⁾. Die oberen Lappen der Blätter schwimmen auf der Oberfläche des Wassers und decken sich so stark dachziegelförmig mit ihren Rändern, dass die Rückenfläche des Stengels kaum noch sichtbar wird (Taf. VII, Fig. 110 und 112a); die unteren Lappen der Blätter sind untergetaucht und decken sich nur ein wenig an ihrer Basis, so dass die Bauchfläche des Stengels mehr oder weniger vollständig frei liegt (Taf. VII, Fig. 111 und 112b). Auch decken sich seitlich (bei *A. caroliniana* etwas mehr, bei *A. filiculoides* nur wenig) die beiden zu demselben Blatte gehörigen Lappen, und zwar greift der untere über den oberen (Taf. III, Fig. 49 und 52, Taf. V, Fig. 73).

Die beiden Blattlappen zeigen einen durchaus verschiedenen Bau. Ein Längsschnitt, durch die Mitte des oberen Lappens geführt (Taf. II, Fig. 37a), zeigt von aussen nach innen fortschreitend eine flachgedrückte Epidermis; dann fast senkrecht auf dieselbe gestelltes Palisadenparenchym, das gegen die Spitze des Blattes hin eine bedeutende Höhe erreicht; dann in dem unteren Theile des Blattes wiederum Epidermis, aus höheren Zellen als die untere aufgebaut, auf diese folgend eine weite Höhlung³⁾, und diese von neuen durch zweischichtige Epidermis überlagert, die nahe der Blattbasis eine in die Höhlung führende Oeffnung zurücklässt. In den höheren Theilen des Blattes folgt auf das Palisadenparenchym eine einfache Schicht quer-gestellter, unregelmässiger gestellter Zellen und auf diese eine der äusseren ganz entsprechende flache Epidermis. Am Scheitel läuft das Blatt in einen 2 — 3 Zellen langen, nur eine Zelllage starken, von abgerundeten, oft fast perlschnurartig aneinandergereihten Zellen gebildeten Saum aus. Die Epidermis der Aussenseite zeigt Haare, die bei *A. filiculoides* ganz einfach

¹⁾ Vergl. auch das Blatt von *Azolla caroliniana* Taf. III, Fig. 52.

²⁾ So auch früher aufgefasst. Vergl. Martius Icones sel. pl. cryptog. Brasil. 1828 bis 1834, p. 124. Meyen, Beiträge zur Kenntn. d. Azollen Ac. L. C. n. c. XVIII P. I 1836 p. 510.

³⁾ Zuerst von Mettenius gesehen l. c. p. 2 Sp. 1. Die Figuren der Tafel sehr mangelhaft.

papillenartig (vergl. auch Taf. III, Fig. 46), bei *A. caroliniana* (Taf. III, Fig. 50) (und ähnlich auch bei *pinnata* und *nilotica*) gegliedert sind, d. h. auf der papillenartig, ganz ähnlich wie bei *A. filiculoides* ausgestülpten Zelle, noch eine zweite kleinere, von der ersten durch eine Scheidewand abgegrenzte Ausstülpung zeigen. Auch im Innern der Höhlung entspringen Haare, doch von ganz anderer Gestalt. Sie sind keulenförmig aus zwei bis drei Zellen aufgebaut und sitzen den die Höhlung auskleidenden Epidermiszellen auf. Einzelne dieser Haare schwellen auch kopfförmig an ihrer Spitze an und erzeugen aus dieser einige neue mehrzellige Glieder (Taf. II, Fig. 37a). Endlich sind auch noch an dem erwähnten Längsschnitt Spaltöffnungen zu sehen, auf deren Bau ich alsbald zu sprechen komme. Diese Spaltöffnungen fehlen der Epidermis, welche die Höhle auskleidet. Die Oberhautszellen führen nur wenig und nur kleine Chlorophyllkörner, die den Innenseiten derselben angelagert sind. Das Palissadenparenchym und die wenigen quer über demselben in der oberen Hälfte des Blattes liegenden Parenchymzellen, zusammen das Mesophyll des Blattes bildend, sind reichlich mit ansehnlichen, ihren Wänden angelagerten Chlorophyllkörnern angefüllt; die Zellen des Palissadengewebes lassen unregelmässig vertheilte, ihnen an Gestalt gleichende Intercellularräume zurück. An der oberen Grenze des grossen Hohlraumes, den das Blatt einschliesst, sieht man im Mesophyll ein schräg durchschnittenes Schraubengefäss, von einigen flachen, chlorophyllosen Zellen scheidenförmig umgeben (Taf. II, Fig. 37a). Aehnliche Bilder geben die Querschnitte, von denen ich zum Vergleich nur den einen, dicht über dem oberen Rande der Höhlung geführten (Taf. III, Fig. 39), hinzufüge.

Erst nachdem wir uns so an Durchschnichtsansichten orientirt, wird uns die Flächenansicht verständlich. Von der Fläche gesehen, erscheint der obere Lappen des Blattes von *Azolla filiculoides* fast rein oval, beiläufig 1,2 Mm. lang, 0,88 Mm. breit (Taf. III, Fig. 49). Er ist fast in seiner ganzen Ausdehnung mehrschichtig und von dem durchscheinenden Chlorophyllgewebe grün gefärbt, nur am Rande wird er von dem, beim Längsschnitte bereits erwähnten, hyalin erscheinenden, einschichtigen Saume umgeben, der an dem, dem unteren Lappen zugekehrten Rande stärker, etwa 0,18 Mm., an dem entgegengesetzten schwächer, etwa 0,09 Mm. breit, entwickelt ist. Von der Innenseite betrachtet, fällt am genannten Blattlappen sofort die grosse Höhle auf. Sie ist von länglich ovaler Form und völlig von der Epidermis überdacht, die nur die einfache in dieselbe führende Oeffnung zurücklässt. Diese Oeffnung liegt nicht ganz über der Mitte der Höhlung, vielmehr näher der Blattinsertion. Bei stärkerer Vergrösserung betrachtet

(Taf. II, Fig. 38 *a* und *b* und 37 *a* und *b*), erscheint sie von einer wechselnden Zahl von Zellen umgeben, deren jede noch zahnförmig nach innen vorspringt (Fig. 37 *b*). Die Oeffnung ist länger als breit und fand ich sie beiläufig in der Richtung der Längsaxe des Blattlappens 0,06 Mm., in der Richtung der Breitenaxe 0,03 Mm. messend. Die Epidermis, die zweischichtig die ganze Höhlung überdacht, wird um die Oeffnung durch Theilung der unteren Zellen dreischichtig und bildet so eine Art vorspringender Lippe um dieselbe. Längs- und Querschnitte lehren, dass so wie die Zellen der oberen Etage, auch die der mittleren zahnförmige Vorsprünge in die Oeffnung treiben (Fig. 37 *b*). Die Höhle wird seitlich von einem Bündel umfasst (Taf. III, Fig. 49). Dieses Bündel hebt an der Basis des Lappens an und läuft, an die Epidermis der Höhlung unmittelbar anschliessend, an ihrer vorderen, d. h. scheitelwärts gerichteten Seite in die Höhe, umkreist sie an ihrem Scheitel, um an der entgegengesetzten Seite in ihrer halben Höhe aufzuhören. Dieses Bündel ist in seinem unteren Verlauf meist nur auf ein einfaches Schraubengefäss beschränkt, dem sich dann weiter hinauf einzelne kürzere Schraubengefässe seitlich anlegen. Am scheitelsichtigen Rande der Höhlung (Taf. III, Fig. 44) geht das Bündel in einzelne schrauben- z. T. netzförmig verdickte, unregelmässig aneinandergereihte Zellen über und hört endlich bald in ähnlichen, doch etwas regelmässiger verbundenen Zellen auf der anderen Seite der Höhlung, etwa in halber Höhe derselben, auf. Ausser der grossen mittleren Höhle zeigt der Blattlappen auch noch die auf dem Längsschnitt erwähnten kleinen Luftlücken im Mesophyll (Taf. III, Fig. 49). Dieselben sind unregelmässig vertheilt und erscheinen bei schwacher Vergrösserung als helle Flecken in dem Gewebe des Blattes. Bei stärkerer Vergrösserung kann man in der Epidermis über jeder solcher Luftlücke eine Spaltöffnung finden ¹⁾. Letztere zeigen, wie dieses schon Mettenius ²⁾ bemerkt hat, insofern einen merkwürdigen Bau, als die Schliesszellen derselben nicht in der Längsaxe des Blattes, sondern quer zu derselben liegen (Fig. 42, Taf. III ³⁾ und Fig. 51). Gleichzeitig stehen diese Schliesszellen auch quer zu dem grössten Längsdurchmesser der ganzen Spaltöffnung und der eigentlichen Spalte, was ihnen ein besonders fremdartiges Aussehen verleiht. Auch ist die Querwand, welche die beiden Schliesszellen trennt,

¹⁾ Fig. 43, Taf. III zeigt dieses Verhältniss am besten, sie giebt ein Bild des Mesophylls mit den Luftlücken, über welchen nur die Spalten der Spaltöffnungen angedeutet sind. Die Figur ist dem unteren Lappen entnommen, der in dieser Beziehung aber durchaus dem oberen gleicht.

²⁾ l. c. Taf. XXV, Fig. 7 und 8; von Meyen l. c. früher völlig übersehen. Vergl. p. 508.

³⁾ Ebenfalls von dem unteren Blattlappen.

so dünn, dass auf den ersten Blick nur die stärker umrandete Spalte in die Erscheinung tritt, was den eigenthümlichen Eindruck, den diese Spaltöffnungen machen, noch erhöht¹⁾. Ihr Querschnitt Taf. III, Fig. 40 bietet weniger Beachtenswerthes. Die Spaltöffnungen finden sich sowohl auf der Innenseite als auch auf der Aussenseite des oberen Lappens, besonders aber auf der letzteren und zwar über den Luftlücken. An der behaarten Blattaussenseite stehen sie meist (scheitelwärts) vor einem Haare (Taf. III Fig. 51), das bei *A. filiculoides* vorspringend sie oft papillenartig überragt. Ich habe die Spaltöffnungen bei allen *Azolla*-Arten gleichgebaut gefunden; die Haare der Aussenseite hingegen bieten bei Flächenansichten ein ganz anderes Bild, je nachdem sie gegliedert oder ungegliedert sind. Im ersten Falle ist *Azolla filiculoides*, wo man das Haar mit breiter Basis der Oberhautszelle, der es angehört, entspringen, die ganze Oberfläche derselben einnehmen und sich aus breiter Basis papillenartig verjüngen sieht (Taf. III, Fig. 46). Im zweiten Falle sind die drei andern *Azolla*-Arten, wo die Haare sich in halber Höhe einschnüren und gliedern und wo, da man die Wölbung der ganzen Oberhautszelle bei Flächenansichten nicht sieht, das Haar der Oberfläche derselben nur mit schmaler Basis inserirt erscheint (Taf. III, Fig. 51). Dieser obere Theil des Haares hat eine keulenförmige Gestalt; dass das ganze Haar aber dem Haare von *A. filiculoides* nahe verwandt ist, das zeigt jeder Längsschnitt (Taf. III, Fig. 50), vor allem aber die bei *A. caroliniana* häufigen Fälle, wo die Theilung im Haare unterbleibt und dasselbe dann dem Haare von *A. filiculoides* völlig gleicht. Die gegliederten Haare wachsen eben so überwiegend scheitelwärts wie die ungegliederten; da nun das ganze Haar schräg steht, die Theilung in demselben aber parallel zur Oberfläche des Blattes erfolgt, so muss bei Flächenansichten die Insertion des Haares in der queren Richtung schmal, in der Längsrichtung langgezogen erscheinen²⁾. Auch bei *Azolla caroliniana* (Taf. III, Fig. 51) und den beiden andern sonst genannten Arten fand ich häufig Spaltöffnungen scheitelwärts vor den Haaren stehend.

Der obere Blattlappen von *Azolla caroliniana* (Taf. III, Fig. 52) ist etwas mehr zugespitzt als bei *filiculoides*. Seine Luftlücken sind auch kleiner und weniger auffallend³⁾, bei *Azolla pinnata* hingegen treten sie bei durch-

¹⁾ Daher wohl die Angabe von Mettenius l. c. 1. Spalte, 2. Spalte, die ich nicht bestätigen kann, dass diese Querwand hin und wieder aufgelöst wird.

²⁾ Besonders schmal und langgezogen bildet Mettenius l. c. für *A. nilotica* in Fig. 5, 6 und 7 diese Insertion ab.

³⁾ Ueber etwaige Verschiedenheiten in der Färbung der Blätter habe ich kein Urtheil, da ich kein frisches Material untersucht habe.

fallendem Lichte noch schärfer als bei *Azolla filiculoides* hervor. Bei *A. nilotica* sind dieselben wiederum weniger merklich. Die Haare auf der Aussenseite des oberen Blattlappens sind bei *A. caroliniana* ebenso zahlreich wie bei *filiculoides*, bei *A. nilotica* treten sie in etwas geringerer, bei *A. pinnata* in bedeutend geringerer Anzahl auf.

Der bauchständige Blattlappen ist viel einfacher als der rückenständige gebaut (Taf. III, Fig. 49 und 52, auch Fig. 41). Er besteht der Hauptmasse nach aus dem hyalinen, einschichtigen Saume und ist nur in der Mittellinie stärker. Diesen Blattlappen finde ich bei allen Arten grösser als den Rückenständigen, gewöhnlich um ein Geringes, nur bei *A. nilotica* in auffallendem Maasse¹⁾. Bei *Azolla filiculoides* war derselbe an einem Blatte, dessen Rückenlappen 1,1 und 0,88 Mm. maass, bei sonst gleicher Gestalt 1,3 und 1 Mm. gross. Der mehrschichtige Theil der Lamina liegt nicht ganz in der Mediane des Blattes, vielmehr dem äussern, d. h. demjenigen Rande, der dem oberen Lappen zugewendet ist, näher. Der einschichtige Saum ist daher an dieser Seite auch schwächer und misst nur etwa 0,18 Mm., auf der entgegengesetzten hingegen etwa 0,36 Mm. (Taf. III, Fig. 49). Der mittlere mehrschichtige Theil besteht ausschliesslich aus Luftlücken, welche durch einschichtige Zellmauern geschieden werden (Taf. III, Fig. 43). Nur der mittelste Gewebestreif, in dem das Bündel verläuft, ist stärker. Ein Querschnitt (Taf. III, Fig. 41)²⁾ zeigt diese Verhältnisse am besten. Das Bündel läuft in unveränderter Richtung bis in das obere Drittheil des Lappens. Der Gewebestreifen, welcher das Bündel einschliesst, ist etwa drei Zelllagen stark, das Bündel selbst auf ein bis zwei Schraubengefässe reducirt, die im Umkreise von schmalen chlorophylllosen Zellen, wie von einer Scheide, umfasst werden. Die Zellen, welche die innern Theile des Blattes aufbauen, enthalten Chlorophyllkörner, auch die Oberhautszellen, doch nur ganz spärlich und nur an ihren Innenwänden. Der Saum zu beiden Seiten ist chlorophylllos. Spaltöffnungen finden sich auf beiden Seiten des Blattes, natürlich aber nur über der mehrschichtigen Mediane. (Taf. III, Fig. 42.) Haare habe ich am unteren Lappen nur bei *A. filiculoides* gesehen und zwar auf der Aussenseite in der Mittellinie gegen den Scheitel; ich fand sie ganz so wie auf dem oberen Lappen gebaut. Bei *A. caroliniana* fehlen dieselben und auch an den aufgeweichten Blättern von *A. pinnata* und *nilotica* gelang es mir nicht, sie nachzuweisen. Im Uebrigen sind die unteren Blattlappen der drei letztgenannten Arten denjenigen von *A. fili-*

¹⁾ Vergl. Fig. 2 bei Mettenius. l. c.

²⁾ Nur 120 Mal vergr.

culoides ganz ähnlich gebaut; am meisten differirt noch *Azolla pinnata*, wo das Bündel gleich an der Basis des untern Lappens erlischt und dementsprechend der mehrschichtige mittlere Theil der Lamina kaum zur Entwicklung kommt; dieselbe ist fast in ihrer ganzen Ausdehnung einschichtig. Um sich über die gegenseitige Beziehung der beiden Blattlappen zu instruiren, sind tangential Schnitte wie Fig. 47, Taf. III¹⁾ von besonderem Interesse, welche das Blatt im Zusammenhange, unterhalb der Trennungsstelle der beiden Lappen getroffen haben. Das Verhalten des Gefässbündels zeigt am besten die bereits früher angeführte Fig. 25 auf Taf. II²⁾. Die Trennung in zwei Theile (den einen für den oberen, den anderen für den untern Lappen) erfolgt unmittelbar an der Insertionsstelle des Blattes. Man sieht das eine Schraubengefäss, das von dem Axenbündel ausgeht, hier enden, und an sein zweiflächig zugespitztes Ende unmittelbar die ein bis zwei Gefässe für den oberen, und das eine für den untern Lappen ansetzen.

Wir gehen jetzt zur Entwicklungsgeschichte des Blattes über, die ich bei *Azolla filiculoides* vollständig zu verfolgen Gelegenheit hatte.

Das Blatt hebt, wie uns bereits bekannt, mit einer einfachen Zelle an. Es war dies die untere rückenständige Zelle *a* oder *a*¹ (Taf. I, Fig. 2*a*). Diese Zelle wölbt sich nach aussen schon im dritt- bis zweilezten Segment vom Scheitel (Taf. I, Fig. 3 links oben). Sie dehnt sich alsbald auch stärker wie die ihr benachbarten Zellen, und macht, dass dieselben aus ihrer Lage etwas verdrängt werden. Man sieht dieses auf Flächenansichten an der nächstoberen Zelle *a*, wenn *a*¹ das Blatt erzeugt, oder der Zelle *a*¹ im entgegengesetzten Falle; sie zeigt eine nur geringe Höhe, während die Blattzelle mehr als $\frac{3}{4}$ der ganzen Segmenthöhe einnimmt, und kommt, da die Blattzelle von innen nach aussen stark an Weite zunimmt, in eine gegen die Längsaxe des Vegetationskegels entsprechend geneigte Lage. (Fig. 3.) Aehnliches sieht man auf Querschnitten, indem auch die Quadrantenwand 1 aus ihrer ursprünglichen Lage alsbald stark nach der Bauchseite des Kegels hin verdrängt wird und statt unter annähernd rechtem Winkel, nunmehr unter etwa 135° die Zellen *e* trifft. (Taf. I, Fig. 13.) Die erste Theilungswand der Blattanlage (1*b*) setzt in dem Winkel an, den die Quadrantenwand mit dem centralen Theile der Octantenwände jetzt bildet (Fig. 13)¹⁾, sie trifft die Octantenwand so ziemlich unter rechtem Winkel und nimmt somit fast

¹⁾ Vergl. auch Taf. III, Fig. 48.

²⁾ Auch Fig. 49, Taf. III. Vergl. ausserdem die Fig. 2 bei Mettenius l. c.

³⁾ In Fig. 7 an dem ersten Blatte (Bl. 1.) der untern Seitenknospe ist diese Scheidewand äusserlich zu sehen.

die nämliche Lage zum Vegetationskegel ein, wie ursprünglich die Quadrantenwand. Durch diese Trennungswand wird, wie Fig. 13 zeigt, die Blattzelle in eine bauchständige, kleinere und eine rückenständige, grössere Zelle zerlegt. Aus der rückenständigen Zelle wird der obere, aus der bauchständigen der untere Blattlappen angelegt. Wir haben hier somit durch den ersten Theilungsschritt die spätere Gliederung des Blattes gegeben, ähnlich wie nach der Schilderung von Leitgeb¹⁾, auch bei dem beblätterten Lebermoose *Radula complanata*, der erste Theilungsschritt die Blattzelle bereits in die beiden Blatthälften, den späteren Ober- und Unterlappen, zerlegt. Von der unteren Blattlappenzone von *Azolla filiculoides* wird nunmehr, meist durch eine zur Aussenfläche parallele Scheidewand (2b) (Taf. I, Fig. 14), ein kleines basales Stück abgeschnitten. Dieser Scheidewand setzt annähernd senkrecht alsbald eine folgende an (Fig. 13); oder die Theilung beginnt mit dieser letzteren Scheidewand, und die eben beschriebene (2b) folgt ihr erst (so in Fig. 28, Taf. II). In der oberen Blattlappenzone beginnt die Theilung fast immer mit einer zur ersten Wand 1b parallelen Wand (Fig. 7 [das obere Blatt] Fig. 14, 17, 28) und auf diese folgt eine entgegengesetzt-geneigte. Beide Blattlappen fangen jetzt an, sich etwas gegen einander zu markiren und wölben sich stärker nach aussen (Fig. 17). Radiale und tangential Theilungen [folgen nun abwechselnd auf einander und da die tangentialen Wände sich immer entfernt vom Rand halten, so zeigen die Randzellen eine ansehnliche Grösse. Durch die ersten Theilungen im oberen Blattlappen wird anscheinend eine zweiflächig zugespitzte Scheitelzelle gebildet (Fig. 14 u. 15). Dieselbe schwindet aber bereits durch einen der nächsten, zur letzten Seitenwand parallelen Theilungsschnitte (Fig. 17). Die beiden Lappen werden immer selbständiger und durch die grössere Zunahme des ganzen Blattes wird die rückenständige Octantenwand noch mehr nach oben, die bauchständige Quadrantenwand noch mehr nach unten verdrängt. Die weitere Entwicklung des Blattes führt am besten die in verschiedenen Lagen gezeichnete Fig. 29 Taf. II uns vor. Jetzt beginnen schon die Ränder der beiden Lappen über einander zu greifen und zwar der untere über den oberen (Taf. I, Fig. 6 u. 7 die unteren Blätter und Taf. II, Fig. 30). Durch die Theilungen des Blattrandes wird eine nur einschichtige Lamina angelegt, die aber alsbald durch Theilungen parallel zu ihrer Innen- und Aussenfläche mehrschichtig wird. (Fig. 31, Taf. II und Fig. 20, Taf. I.)

¹⁾ Beiträge zur Entwicklungsgeichte der Pflanzenorgane. IV. Wachsthumsgeschichte von *Radula complanata* p. 8. Aus dem LXIII. Band der Sitzb. der K. Akad. d. Wiss. I. Abth. Jänner-Heft. 1871.

Zuerst zerfällt am rückenständigen Blattlappen jede Zelle in zwei gleiche Hälften: eine Innen- und eine Aussenhälfte. Von jeder Aussenhälfte wird eine flache Zelle abgeschieden, welche die Epidermis der Aussenseite abgiebt, während die Innenhälfte in dem unteren Theile des rückständigen Lappens sofort, in dem oberen, nach einmaliger Theilung, die Epidermis der Innenseite erzeugt. Der Rand bleibt zuletzt einschichtig und bildet den Saum. Die Bildung der Höhle beginnt auf dem Stadium der Fig. 32, Taf. II, wenn der Lappen etwa 0,16 Mm. lang geworden ist. Die Höhlung verdankt einer Wucherung der Epidermis ihre Entstehung, indem auf genanntem Entwicklungszustande, die Zellen der Epidermis auf der Innenseite des Lappens in einem bestimmten Umkreise nahe der Basis sich schräg zur Oberfläche zu theilen beginnen und sich über dieselbe erhebend nach einem gemeinschaftlichen Mittelpunkte hinwachsen. Der Bildung der Höhlung kommt die starke Concavität des jungen Blattlappens zu gute. Die Figuren 34, 35 u. 36, Taf. II illustriren den Entwicklungsgang am besten. Bald schliessen die wuchernden Epidermiszellen über der Mitte der Höhlung zusammen, eine enge Oeffnung hier nur zurücklassend. Sie bilden über der Höhlung eine zwei Lagen starke Bedachung von strahlig um die mittlere Oeffnung angeordneten Zellen. (Fig. 38a, Taf. II.) Wie aus obiger Entwicklungsgeschichte folgt, ist die ganze Höhle auch im Innern von Epidermiszellen ausgekleidet; sie lässt sich also keineswegs mit der Athemhöhle von *Marchantia* vergleichen, mit der sie in ihrer oberen Oeffnung einige Aehnlichkeit zeigt. Die Athemhöhle von *Marchantia* ist eine Luftlücke im Parenchym, während wir hier eine äusserlich auf das Blatt hinauf gebildete Höhle vor uns haben, die sonst kaum ihres Gleichen im Pflanzenreiche findet. In diese Höhle ragen, der sie umgebenden Epidermis entspringend, einige Haare hinein von unbekannter Bedeutung, was aber das Fremdartige dieser Höhlung noch mehr erhöht, sind die Nostocschnüre¹⁾, die wir ausnahmslos in grosser Anzahl in derselben finden. (Fig. 32, 34, 35, 36, 37a u. 38b, Taf. II; Fig. 50, Taf. III.) Sie erfüllen die ganze Höhlung, sich in vielfachen Krümmungen der Gestalt derselben anpassend. Diese Nostocschnüre kommen nicht, wie es Mettenius vermuthete¹⁾, durch den Mund in die fertige Höhlung, sondern werden in dieselbe bereits zur Entstehungszeit aufgenommen (Fig. 32, 34—36), indem sie sich ja, wie früher erwähnt, stets um den Vegetationskegel, namentlich in der Krümmung an seiner Rückenfläche finden. Ich habe diese Nostocschnüre, und zwar wie es schien, immer derselben Art angehörend, in den Blättern sämtlicher *Azolla*-Arten vorgefunden, die ich untersuchte. Sie

¹⁾ Von Mettenius als *Limnochlides* bestimmt. l. c. p. 2 Sp. 1.

fehlen weder den amerikanischen, noch den neuholländischen, noch den asiatischen, noch endlich den afrikanischen Arten; sie waren in jedem Blatte zu finden, so dass ich fast vermuthen möchte, dass sich die Pflanze ihnen gegenüber nicht mehr ganz passiv verhält. Liesse sich in dieser eigenthümlichen Höhlung auf der Blattfläche nicht vielleicht eine besondere Anpassungseinrichtung erblicken, bestimmt das Nostoc aufzunehmen? Ich werde in dieser Annahme durch die Haare bestärkt, welche der Epidermis im Innern der Höhle entspringen und die Nostocschnüre durchsetzen, auch muss ja, um das Nostoc bergen zu können, diese Höhlung mit Wasser gefüllt sein, und kann so unmöglich (was sonst nahe liegen würde) der Luftathmung dienen. Man sollte fast glauben, dass die Nostocschnüre den Blättern der Azolla in ihrer Assimilationsarbeit behülflich sind, und somit in gewisser Weise eine ähnliche Rolle in denselben, wie im Innern des Flechtenthallus spielen. Vor Kurzem hat auch Reinke¹⁾ eigenthümliche Nester einer den Nostocaceen nahe verwandten Alge, die er als *Scytonema* bestimmt, in den Stammparenchymzellen von *Gunnera scabra* aufgefunden; sie soll constant in dieser Pflanze vorkommen. Auch beschreibt Janczewski²⁾ Nostoc-Colonien und zwar des *Nostoc lichenoides*, in dem Thallus mehrerer Lebermoose. Jedenfalls ist es eine diesem *Nostoc lichenoides* nahe verwandte Form, welche die Höhlung der Azolla-Blätter erfüllt. Zu den Lebermoosen, bei denen es beobachtet worden, scheint es übrigens in einem ganz anderen Verhältnisse, als zu Azolla zu stehen. Es ist dort nur ein zufälliger Eindringling und wirkt schädlich auf die Gewebspartien, welche es durchsetzt, während bei Azolla gegenseitige Beziehungen sich entwickelt haben, welche, ähnlich wie bei Flechten, beiden Organismen förderlich zu sein scheinen; denn das Nostoc und die Blätter gedeihen zusammen in der vorzüglichsten Weise. Ja nicht nur in den Blättern von Azolla, auch in der Krümmung an der Rückenfläche des Vegetationskegels, also an den jüngsten und zartesten Theilen der Pflanze sind Nostoc-Schnüre zu finden, ohne in irgend welcher Weise denselben zu schaden. Dieses Verhältniss von Nostoc zu Azolla mag zurück auch dessen (oder seiner Verwandten) Verhältniss zu den Flechten beleuchten. Derartige Beziehungen sind auch jedesmal neue Stützen für die Descendenztheorie, denn wie sollen sie anders als durch gegenseitige Anpassung entstanden sein? Wie sich *Scytonema* zu *Gunnera* verhält, ist aus der Beschreibung von Reinke noch nicht zu ersehen, und fragt es sich vor allem, ob

¹⁾ Ueber gonidienartige Bildungen in einer dicotylishen Pflanze. K. Ges. d. W. zu Göttingen. Stz. v. 2. Dec. 1871. Abgedr. Bot. Zeit. 1872. Sp. 59.

²⁾ Bot. Zeit. 1872. Nr. 5.

und in wie weit sie für das Fortbestehen letzterer nothwendig, oder ob sie nur ein entbehrlicher, ja selbst schädlicher Parasit in derselben sei. Merkwürdig ist jedenfalls die Angabe von Reinke, dass auch noch in ganz alten Stämmen die vor der *Scytonema* befallenen Zellen, ihr völlig frisches Aussehen behalten.¹⁾

Der untere Blattlappen von *Azolla filiculoides*, dessen weitere Entwicklung ich noch nicht geschildert, zeigt sich in dieser Beziehung nicht wesentlich verschieden vom oberen Lappen; nur bleiben die Theilungen der Innenzellen der Lamina auf die Mittellinie derselben beschränkt, während der einschichtige Saum eine bedeutende Entwicklung erfährt.

Die Anlage der Spaltöffnungen beginnt auch bei den Lappen gleichzeitig mit der Bildung der Nostoc-Höhle. Ihre Entwicklung ist sehr einfach und schliesst, wie Fig. 33, Taf. II zeigt, durchaus an diejenige bei *Salvinia* an²⁾. Unbestimmte Oberhautszellen zerfallen in eine vordere kleinere und hintere grössere Zelle; die hintere bleibt gewöhnliche Oberhautszelle, die vordere füllt sich mit Protoplasma und erzeugt durch quere Theilung alsbald die beiden Schliesszellen. Dieselben weichen sehr bald, wie Fig. 33 noch zeigt, in ihrer Mitte auseinander und bilden den Spalt.

Man hätte nach Analogie mit den andern *Rhizocarpeen*, vor allem mit *Salvinia*, a priori erwarten können, dass auch die Blätter der *Azolla*-Arten mit Scheitelzellen wachsen. Der Mangel einer solchen Scheitelzelle con-stituirt *Salvinia* gegenüber einen neuen Unterschied, den wir den vielen andern zu addiren haben. Ueberhaupt lässt sich hier im Bau und der Entwicklung der Blätter keinerlei Aehnlichkeit mit anderen *Rhizocarpeen* auffinden, und ist in dieser Beziehung *Azolla* zum wenigsten ebensoweit von *Salvinia* entfernt als diese Letztere von *Marsilia*.

Die Seitenknospen.

Die Seitenknospen der *Azolla filiculoides* und *caroliniana* und wahrscheinlich auch der beiden andern Arten entspringen, wie wir bereits wissen, auf der Bauchseite des Segments den oberen Zellen *c* oder *c*¹ (Fig. 2). Die Wölbung der Seitenknospeninitiale nach aussen kann schon im viertoberen Segmente (Taf. I, Fig. 3, meist aber erst tiefer Fig. 4) sichtbar werden, jedesmal hat aber um diese Zeit schon die Anlage für ein nächst höheres Blatt auf der entgegengesetzten Seite des Vegetationskegels be-

¹⁾ Bot. Zeit. 1872. Sp. 61.

²⁾ Vergl. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. V. p. 305 und Taf. XXXVI, Fig. 27—29.

gonnen. Die Seitenknospeninitiale tritt bald in ein ähnliches Verhältniss zu ihren Nachbarzellen wie in der früheren Schilderung die Blattinitiale. Sie verdrängt sie, selbst an Grösse zunehmend, mehr oder weniger aus ihrer ursprünglichen Lage. Daher wird es so schwer, schon auf wenig älteren Zuständen, sich über den primären Ursprung der Seitenknospe zu orientiren. Die Aussenseite der Knospeninitiale wölbt sich alsbald stark nach aussen, so dass sie auf Seitenansichten des Vegetationskegels kugelig erscheint. Die erste Theilungswand in der Knospeninitiale ist die Wand, 1*k* Fig. 5*b*, sie setzt an die basiskope Wand der Initiale im innern des Vegetationskegels (tangential) an und trifft schräg scheitelwärts nach aussen laufend die freie Aussenwand in ihrem scheitelnäheren Theile. So wird die Initiale sofort in einen innern und einen äusseren Theil zerlegt. Der innere stellt das erste Segment, der äussere die Scheitelzelle vor. Um diese Verhältnisse anschaulicher zu machen habe ich in Fig. 5*b* die junge Seitenknospe für sich, ohne den übrigen Vegetationskegel abgebildet. Die durch den ersten Theilungsschritt abgeschiedene Scheitelzelle verhält sich bereits durchaus so wie auf späteren Zuständen. Die Theilungswand, die alsbald in ihr auftritt, setzt, unter annähernd rechtem Winkel, auf die erste an und bildet das zweite (erste äussere) Segment der jungen Knospe (Wand 2*k*). Die Scheitelzelle hat nunmehr eine zweiflächig zugespitzte Gestalt erhalten und bildet abwechselnd geneigte Scheitelwände in rascher Aufeinanderfolge. Die beiden ersten Segmente der jungen Knospe sind in ihrem basiskopen Theile gestreckter als die folgenden, dieser Theil dient zur Befestigung an den Mutterspross, in den er keilförmig bis an die Zellen „*e*“ eingesetzt ist. Die Theilungen in den beiden ersten Segmenten sind im Uebrigen von den in den folgenden nicht verschieden, nur dass die Wand 2 höher angelegt wird, als gewöhnlich. Die basiskopen Hälften beider Segmente werden zum Anschluss an das Bündel des Muttersprosses benutzt. Die zuerst aufgetretenen Gefässe entstehen aus den Zellen *e* des ersten Segmentes. Letztgenannte Zellen sind in Fig. 5*b* bereits angelegt.

Wie aus obiger Beschreibung folgt, ist der neue Spross dem Muttersprosse longitudinal inserirt und befindet sich auch sofort in der nämlichen Lage zur Oberfläche des Wassers wie der letztere. Aus der scheitelsichtigen Hälfte des ersten Segmentes wird, wie früher besprochen, das erste Blatt des neuen Sprosses angelegt, es steht daher stets auf der innern Seite desselben dem Muttersprosse zugekehrt.¹⁾

¹⁾ Vergl. auch Mettenius pl. Tinn. p. 2 Sp. 2.

Die Zahl der erzeugten Seitenknospen ist bei den einzelnen Azolla-Arten verschieden. Dieses, wie auch die Stärke der Entwicklung der Seitenknospen im Verhältniss zu ihrem Mutterspross, bestimmt den Habitus der Arten. Die *Azolla filiculoides* (Taf. VII, Fig. 109, 110 und 111) und *caroliniana* (Fig. 112 *a* u. *b*) werden die Seitenknospen in weit geringerer Zahl als die Blätter erzeugt; oft folgen 3—4, ja noch mehr Blätter aufeinander, ohne dass zwischen denselben eine Seitenknospe sich zeige. Immerhin halten auch letztere gewisse Intervalle ein, gewöhnlich alternirend, nur ausnahmsweise zwei hintereinander auf derselben Seite. Bei *Azolla filiculoides* fand ich häufig alle vier Blatt eine Seitenknospe (Taf. VII, Fig. 110), bei *caroliniana* hingegen in weniger bestimmten Abständen. Verschieden von den beiden genannten Arten verhält sich *Azolla nilotica*, bei der auf jedes Blatt ausnahmslos eine Seitenknospe folgt (Taf. VII, Fig. 114 u. 115). Am Eigenthümlichsten verhält sich endlich *Azolla pinnata*, bei der jede Seitenknospe zunächst längere Zeit nur Blätter erzeugt und erst in bestimmter Höhe Seitenknospen bildet, dann aber wie *Azolla nilotica* an der Seite eines jeden Blattes (Taf. VII, Fig. 13).

Bei *Azolla filiculoides* pflegt der Spross längere Zeit seine Wachstumsrichtung einzuhalten, so dass die Seitensprosse wirklich seitlich an ihm stehen und ihrerseits auch wiederum in ähnlicher Weise ihre Seitensprosse tragen. Wir finden hier daher oft Exemplare mit ganz ausgeprägtem racemösem Verzweigungssystem: so Fig. 109—111. Bei *Azolla caroliniana* kommt kein solches System zur Ausbildung, weil schon in kurzen Intervallen einzelne Seitenzweige sich ebenso stark wie der Mutterstamm zu entwickeln pflegen. Es entstehen so falsche Dichotomieen mit racemösen Systemen combinirt, wobei der Gesamtumriss des ganzen Pflänzchen zum kreisrunden neigt (Fig. 112 *a* u. *b*). Bei *Azolla pinnata* bekommen wir wieder streng racemöse Verzweigung, was bei der Eigenthümlichkeit nur in den oberen Theilen der Sprosse, hier aber seitlich von jedem Blatte, eine Seitenknospe zu bilden, dem Pflänzchen meist ein ganz specifisches und äusserst regelmässiges, wirklich pinnates Aussehen gibt (Fig. 113). Bei *Azolla nilotica* herrscht ebenfalls die racemöse Entwicklung vor und nur in weiten Intervallen wird durch übermässige Entwicklung eines Seitenzweiges eine falsche Dichotomie erzeugt (Fig. 114 u. 115). Gleichzeitig erreicht *Azolla nilotica* bei weitem grössere Dimensionen als die andern Arten. Das im Wiener Herbar befindliche von Mettenius abgebildete Exemplar der Tinne'schen Expedition (jedenfalls nur ein Stück der ganzen Pflanze) misst im längsten Durchmesser nicht weniger als 150 Mm.

Die auf Taf. VII zusammengestellten Habitusbilder, die Herr Lithograph A. Giltch in Jena unter meiner Aufsicht entworfen hat, werden, wie ich denke, das Verhältniss der vier *Azolla*-Species zu einander am besten illustriren. Die Fig. 110 von *Azolla filiculoides* und Fig. 112 *a* u. *b* von *Azolla caroliniana* sind nach frisch in Alkohol eingelegten, die anderen nach aufgeweichten Exemplaren entworfen. Ungeachtet mehrere dieser *Azolla*-Arten bereits abgebildet worden sind, schien es mir immerhin von Interesse, alle Arten gleichzeitig zusammenzustellen, sie auch bei etwas stärkerer Vergrösserung und sorgfältiger in den Details durchzuführen. Dieses letztere war nun besonders bei den vollkommen erhaltenen Alkohol-Exemplaren möglich.

Die Wurzel.

Die Wurzel wird aus der unteren bauchständigen Zelle *d* oder *d*¹ erzeugt (Fig. 2). Ich konnte bei *Azolla filiculoides* ihre Entwicklung ebenfalls Schritt für Schritt verfolgen.

Den besten Ueberblick über die ersten Entwicklungsstadien gibt der Längsschnitt Fig. 9 Taf. 1. Da die Wurzelinitiale seitlich an die Mittelebene grenzt, so wird sie durch einen solchen Schnitt in ihrer ganzen Länge blossgelegt. Man sieht oben am Schnitt die Wurzelinitiale (*W.J.*), wie aus unseren früheren Schilderungen schon folgt, mit ihrer Basis den Zellen *e*, welche die primären Gefässe erzeugen, aufsitzen. Von ihrem Scheitel ist parallel zur Oberfläche eine den benachbarten Oberhautszellen an Höhe gleichende, flache Zelle abgeschieden (*S*) worden. Die andern Theilungen, welche die übrigen Rindenzellen getroffen, sind in der Wurzelinitiale ausgeblieben; sie erscheint mit Protoplasma reich angefüllt und führt einen grossen Zellkern. Die nächst tiefere Wurzelinitiale des Längsschnittes, Fig. 9, zeigt sich nur wenig gegen die obere verändert; nur sehen wir, dass die äussere Zelle (*S.*) sich in eine äussere höhere (*S*¹) und eine innere niedrigere (*S*¹¹) zerlegt hat. Ueber das weitere Verhalten der Wurzelanlage sollen uns Flächenansichten von der Bauchseite des Stengels belehren. In Fig. 5 ist bei *W* die äussere, von der Wurzelinitiale abgetrennte Zelle bereits zu erkennen; dieselbe habe ich auch an der isolirt dargestellten Seitenknospe punktirt angegeben, um ihr Verhältniss zu derselben zu zeigen. Sie bleibt längere Zeit in ihrer Entwicklung noch stationär, hinter den übrigen Theilen der Pflanze zurück, und hebt erst mit dem Augenblicke kräftig zu wachsen an, in dem die Differencirung des Gefässbündels ihre Insertionshöhe erreicht (Fig. 56 Taf. IV.). Auf Bauchflächenansichten des Stengels wie Fig. 53

Taf. IV sieht man dann in der innern Zelle *W. J.* (Fig. 53*b* und 54) Scheidewände auftreten, welche schräg gegen ihre Seitenwände geneigt sich gegenseitig schneiden, und in ihrer Aufeinanderfolge sofort dasselbe Verhalten wie in dreiflächig zugespitzten Scheitelzellen zeigen, so dass nach drei Theilungen bereits eine Scheitelzelle von der Gestalt einer dreiseitigen Pyramide mit sphärischer nach aussen gekehrter Grundfläche, gebildet ist (Fig. 55)¹⁾. In Fig. 53*b* und 54 sind erst zwei Theilungswände in der Wurzelinitiale aufgetreten, in Fig. 54 habe ich durch das mittlere Kreuz ihre Ansatzstelle an der unteren Wand der Wurzelinitiale angedeutet; die Flächenansicht Fig. 55, die Längsschnitte Fig. 57—60 und 67, und die Querschnitte Fig. 61—66 u. 68 stellen weitere Entwicklungszustände vor. Da die Wurzelinitiale im Grundriss annähernd viereckig ist (Fig. 5, 53), so können die ersten Theilungswände keinesfalls parallel zu ihren Seitenwänden stehen, sie orientiren sich schräg zu denselben und zwar in den meisten Fällen (Fig. 53 u. 54) so, dass die Scheitelzelle dann eine ihrer Ecken nach dem Grunde des Muttersprosses zu richtet. Die Theilungen folgen sich meist in einer rechtsläufigen (in der Zeichnung umgekehrten) Spirale, mit dem dritten Theilungsschritte ist stets eine mittlere Zelle: die Scheitelzelle, dreiseitig abgeschlossen. Die drei ersten diese Scheitelzelle umgebenden Zellen lassen sich bereits als die drei untersten Segmente der Wurzel erkennen (Fig. 55).

Die Wurzeln von *Azolla* besitzen also, wie die Wurzeln aller Filicoiden, eine dreiflächig zugespitzte Scheitelzelle, stimmen auch in vielen Eigenschaften mit jenen überein, unterscheiden sich aber in einem wesentlichen Punkte. Während nämlich alle die andern, besonders durch Naegeli und Leitgeb genau bekannten Wurzeln mit dreiflächig zugespitzter Scheitelzelle nach drei Segmenten durchschnittlich eine Kappe bilden²⁾, wird von der dreiseitigen Scheitelzelle von *Azolla* überhaupt nur eine einzige Kappenzelle abgetrennt, die sich zur ersten und einzigen Wurzelkappe entwickelt, während gleichzeitig die schon früher von der Wurzelinitiale abgeschiedene Zelle *S* eine Art Scheide um die Wurzel erzeugt.

Die Entwicklung dieser Scheide will ich zunächst schildern. Noch bevor die innere Wurzelzelle ihre weitere Entwicklung beginnt, hat sich die Zelle *S*¹ (Taf I Fig. 9) übers Kreuz getheilt (Taf. IV, Fig. 53*a*), jede der vier so entstandenen Zellen theilt sich in derselben Weise (vergl. Fig. 63),

¹⁾ Diese, wie überhaupt alle Figuren sind: wenn Querschnitte mit ihrer Rückenfläche, wenn Längsschnitte mit ihrem scheitelsichtigen Ende nach oben gerichtet.

²⁾ Beiträge zur wissenschaftl. Bot. viertes Heft. p. 88.

und so schreitet, in dem Maasse als sich die junge Wurzel verlängert, die Entwicklung dieser Scheide fort (Fig. 57, 58, 59 und 60), sie wächst mit der Wurzel und umgibt sie bei *Azolla filiculoides* und den andern Arten mit einzeln stehenden Wurzeln, während der ganzen Dauer ihres Bestehens. Die innere Zelle S^1 verhält sich zunächst wie die äussere (Fig. 9 Taf. I, Fig. 57 u. 58 Taf. IV), folgt ihr aber nur kurze Zeit in der Entwicklung, dann wird sie desorganisirt und die Scheide auf diese Weise von der Wurzelhaube getrennt (Fig. 59 und 60 Taf. IV). Von nun an steckt die junge Wurzel ganz frei in der Scheide und lässt sich ohne Weiteres aus derselben hervorziehen, auf Längsschnitten wird es schwer, beide gleichzeitig zu erhalten (sie fehlt an der Fig. 67 Taf. V).

Die eigentliche Wurzelhaube bleibt, wie erwähnt, auf nur eine Kappe reducirt und diese verdankt einer einzigen primären Kappenzelle ihre Entstehung (Taf. IV, Fig. 57 *WK.*). Dass nur eine Kappe hier gebildet wird, findet in dem Vorhandensein der äussern Scheide seine Erklärung; dieselbe verhindert die Desorganisation und das Abwerfen der ersten Wurzelkappe, und so wird ein Nachbilden derselben überflüssig. Die einzige primäre Kappenzelle wird in derselben Weise wie bei den andern verwandten Cryptogamenwurzeln durch eine Theilung der Scheitelzelle parallel zu ihrer Aussenfläche gebildet. Diese Theilung erfolgt erst auf dem Entwicklungsstadium der Fig. 57, nachdem mehrere Segmentumläufer gebildet worden sind und die Wurzelanlage beginnt sich über die Aussenfläche des Stammes zu wölben. Diese Kappenzelle theilt sich nun zunächst in zwei gleiche übereinanderliegende Zellen (Fig. 58), dann treten in beiden ziemlich übereinstimmend Theilungen übers Kreuz ein, wodurch sie in je vier im Grundriss quadrantische Zellen zerlegt werden (Fig. 64). In diesen Zellen folgen die weiteren Theilungen, zunächst durch Octantenwände, welche die Aussenwände der vorhandenen vier Zellen annähernd halbiren, und in sanfter Krümmung nach innen laufend in geringer Entfernung vom Mittelpunkte (Fig. 64) an die Quadrantenwände ansetzen. Sie sind entweder alle nach derselben Richtung, einzeln aber auch entgegengesetzt gekrümmt. Diese Theilungen schliessen unmittelbar an die von Nägeli und Leitgeb an ähnlichen Orten beobachteten an.¹⁾ Die nächstfolgenden Theilungswände treffen in entgegengesetzter Krümmung die vorhergehenden, und halbiren so von neuen vier der zuletzt angelegten Zellen; in den vier andern jetzt ungetheilt gebliebenen zunächst, dann aber auch in den acht andern Zellen, treten nun-

¹⁾ l. c. p. 75 und die mit 3 bezeichneten Wände in Taf. XII, Fig. 1, 3, 4, 5, 6; Taf. XIV, Fig. 3; Taf. XVI, Fig. 8 und 9.

mehr tangentiale Wände auf, bald aber mit radialen abwechselnd, ohne dass sich in der Theilungsfolge noch besondere Regelmässigkeit erkennen liesse.

Die Theilungen entsprechen sich mehr oder weniger in den beiden Etagen der Kappe. Dieselbe wächst so lange wie die ganze Wurzel. Auf älteren Zuständen (Fig. 59, 60, vor allem 67) schwellen die oberen Zellen der äussern Etage bedeutend an, ohne indessen aufzuhören sich weiter zu theilen. Das Längenwachsthum des Wurzelkörpers zeigt manche Unterschiede gegen die verwandten, von Nägeli und Leitgeb beschriebenen Fälle. Ich setze die Kenntniss der genannten Arbeit und der in derselben gebrauchten Termina voraus, um hier unnütze Wiederholungen zu vermeiden. Die Segmente des Wurzelkörpers sind ihrer Entstehung gemäss spiralig angeordnet. Sie sind zunächst gegen die Längsachse der Wurzel geneigt und zwar finde ich in jungen Wurzeln Fig. 57 und 58 die Neigung stärker als in älteren (Fig. 59 u. 60, vor allem 67), in einiger Entfernung vom Scheitel gleicht sich die Neigung aus, das Segment steht nunmehr senkrecht gegen die Längsaxe der Wurzel (Fig. 67). Die Segmente greifen aus ähnlichen Ursachen wie am Vegetationskegel des Stammes zickzackförmig in einander; im Stamme erhält sich dieses Verhältniss, hier werden hingegen, in dem Maasse als sich die Segmente gegen die Längsachsen der Wurzel senkrecht stellen, ihre Seiten gerade (Fig. 60 u. 67). Wie diese Orts- und Gestalts-Veränderungen vor sich gehen, wird von Nägeli und Leitgeb ausführlich beschrieben (l. c. p. 78). Die Theilungsvorgänge in den Segmenten stimmen nicht ganz mit den von Nägeli und Leitgeb, bei andern Wurzeln mit dreiflächig zugespitzter Scheitelzelle, geschilderten, selbst nicht mit *Marsilia*¹⁾ überein. Während die Entwicklung dort mit den Sextantenwänden anhebt, sehen wir hier zunächst in jedem Segmente eine tangentiale Wand (*R*) auftreten (Fig. 61), welche das Segment in eine innere etwas grössere und eine äussere etwas kleinere Zelle zerlegt (Fig. 61, 59, 60, 67 (*R*)). Diese Theilung erfolgt schon in dem fünft obersten Segmente. Die gebildete Wand soll die Rindenwand (*R*) heissen, weil sie später die äusseren und die inneren Rindenzellen trennt. Jetzt erst folgen in den inneren Segmenthälften die Sextantenwände (*S*) (Fig. 61, 62 u. 65)²⁾ Sie halbiren dieselben annähernd in je zwei nebeneinander liegende Zellen. Sie erreichen nicht ganz den Mittelpunkt der Wurzel, sondern setzen in leichter Krümmung an die anodischen Seitenflächen jeder Segmentzelle an. Sie gleichen darin den Sextantenwänden von *Pilularia*, *Marsilia*, und einiger Farne, die ebenfalls ganz nahe dem

¹⁾ l. c. p. 114 u. Taf. XVI, Fig. 5—12.

²⁾ Die Hauptwände mit *h.* bezeichnet.

Mittelpunkte ansetzen, während bei *Equisetum* (hiemale) die Ansatzstelle derselben vom Centrum entfernter liegt (Nägeli und Leitgeb l. c. p. 79). Gleichzeitig mit den Sextantenwänden in den innern Hälften der Segmente treten je zwei radiale Längswände (Fig. 61 *r*) in den äussern Hälften derselben auf. Sie theilen sich gleichmässig in den Raum dieser Zellen, die nunmehr in je drei gleiche, sich zeitlich berührende Zellen zerlegt werden (Fig. 61, 62 u. s. w.). So finden wir jetzt auf dem Querschnitte (Fig. 61) einen aus sechs innern und neun äussern Zellen gebildeten Wurzelkörper, umgeben von einer zwei Zellen starken Wurzelhaube und der (nach Resorption der innern Schicht *S*¹¹) eine Zelle starken Scheide. Gleich darauf beginnen die Theilungen der äussern neun Zellen. Jede derselben wird durch eine tangentielle Wand in eine innere und eine äussere Hälfte zerlegt; ich will diese Wand die Epidermiswand (*E*) (Fig. 61 links, Fig. 62, 65, 59 u. 67) nennen, weil die nach aussen von ihr abgeschiedenen Zellen die Epidermis des Wurzelkörpers bilden. Sie theilen sich nur noch durch radiale Wände, die man in Fig. 62 sich eben stellenweise zeigen sieht. Aus den innern, durch die Epidermiswand abgegrenzten Zellen (zwischen Wand *E* u. *R*) wird die äussere Rinde. Diese Zellen theilen sich nicht weiter, die äussere Rinde besteht also auch im fertigen Zustande nur aus 9 Zellen (Taf. IV, Fig. 66 und Taf. V Fig. 68). Jetzt erst sehen wir die innern 6 Zellen des Wurzelkörpers (die innern Segmenthälften) sich durch je eine tangentielle Scheidewand zerlegen. Es ist dies die Cambinenwand (*C*) (Fig. 62, Fig. 65, 59 u. 67). Aus den 6 in der Mitte zusammenstossenden Zellen wird der Cambiumcylinder, aus den 6 äussern die innere Rinde erzeugt. Die inneren Rindenzellen zerfallen zunächst noch durch tangentielle Scheidewände (*J. R.*) (in Fig. 62 eben angelegt), die nur wenig von der Cambiumwand entfernt sind und so den Cambiumcylinder von einer Lage flacher Zellen umgeben. Diese Zellen sind die innersten Rindenzellen (*ist. r.* Fig. 66 und 68), sie entsprechen entwicklungsgeschichtlich derjenigen Schicht, aus welcher bei den andern Wurzeln mit dreiflächig zugespitzter Scheitelstelle die Nebenwurzeln erzeugt werden. Diese Zellen sind es auch, die sonst das wellige Band auf ihren radialen Wänden besitzen und die Schutzscheide bilden. Bei *Azolla* werden Nebenwurzeln nie gebildet und auch die Anlage des welligen Bandes unterbleibt. Innere und innerste Rindenzellen theilen sich nicht mehr und bestehen daher auch im fertigen Zustande aus nur je 6 Zellen (Fig. 66 u. 68 *i. r.* u. *ist. r.*). Im Innern des Cambiumcylinders (Taf. IV, Fig. 66) sehe ich zunächst näher der Peripherie als dem Centrum je eine tangentielle Wand (*J. C.* Fig. 65 u. 67) auftreten und die so erzeugten 12 Zellen, aus denen der ganze Cylinder

besteht, sich nunmehr radial theilen; die durch radiale Theilungen abgeschiedenen Zellen sind von verschiedener Grösse, wachsen auch verschieden und differenciren sich zum Theil zu den Gefässen. Diese Verhältnisse zeigt am besten der Querschnitt Fig. 66. Die Gefässe werden vornehmlich aus den innersten 6 Zellen erzeugt, die äussern theilen sich wenig und bilden, der Hauptsache nach, eine Art einschichtiges Pericambium. Die ersten Gefässe treten etwas mehr nach aussen, meist gleichzeitig an drei Punkten, auf, es sind einzelne enge Schraubengefässe, die auch sofort ihre Schraubenbänder erhalten. Die späteren Gefässe stossen in der Mitte zusammen und bilden die grossen Gefässe (Fig. 66 u. 68). Auch diese letzteren sind Schraubengefässe mit engen Windungen; ihre endgültige Verdickung erhalten sie aber erst ziemlich spät, viel später als die engen Gefässe (Fig. 70). Ein Längsschnitt nahe der Wurzelspitze Fig. 68 u. 69 zeigt daher nur enge Schraubengefässe, an Stelle der weiten hingegen Längsreihen (Fig. 69) ziemlich weiter, dünnwandiger, dicht mit körnigen Stoffen angefüllter Zellen. Die Gesamtzahl der Gefässe der Wurzel erreicht auch nach vollendeter Differencirung kaum mehr den zehn. Der Querschnitt Fig. 68 durch eine ausgewachsene Wurzel zeigt, da die Scheide und die Wurzelhaube weggelassen, zu äusserst die Epidermis (*e*), dann die aus 9 Zellen bestehende äussere Rinde (*a. r.*), dann die aus 6 Zellen bestehende innere (*i. r.*); zwischen äusserer und innerer Rinde 3 grosse und 3 kleinere Luftlücken (*L*)¹⁾, die 3 grösseren an den Stellen, wo eine Scheidewand der inneren Rinde auf eine Scheidewand der äusseren trifft; die 3 kleineren, wo eine Scheidewand der inneren Rinde der innern Wand einer äussern Rindenzone begegnet. Wie der Querschnitt zeigt, sind es die Zellen der innern Rinde, die, indem sie sich auf ihrer Aussenseite abrunden, die Bildung der Interzellularräume dort veranlassen. Diese Zellen erscheinen auf dem Längsschnitt (Fig. 70) gerade noch Mal so hoch wie die Zellen der äussern Rinde. Die innersten Rindenzone (*ist. r.*) sind auch in fertigem Zustande ganz flach und abhängig von der innern Rinde und zeigen auch die gleiche Höhe wie dieselben. Der Cambiumcylinder besitzt endlich die eben bei Fig. 66 geschilderte Differencirung. — Den Gefässbündelanschluss an den Stamm habe ich bereits früher beschrieben, das Zustandekommen desselben illustriren am besten Fig. 58—60, Taf. IV; 71, Taf. V und 26, Taf. II.

Wie wir sehen weicht *Azolla* in der Differencirung ihres Wurzelkörpers in mancher Beziehung von *Marsilia* und *Pilularia* ab, wo nach Nägeli und

¹⁾ Vergl. auch Fig. 66.
Strasburger, *Azolla*.

Leitgeb (l. c. p. 115 und 116) die Entwicklung durchaus in der nämlichen Weise wie bei Farnen fortschreitet. Es werden bei *Marsilia* zunächst die Sextantenwände, die bis an die Peripherie des Wurzelkörpers reichen, erzeugt; auf diese folgen die Cambiumwände, dann die Epidermiswände, dann erst die Rindenwände. Wir sehen also, dass der von Nägeli verallgemeinerte Entwicklungsgang (l. c. p. 74.) in Bezug auf spätere Zellgenerationen nicht ohne Weiteres auf alle Wurzeln mit dreiflächig zugespitzter Scheitelzelle übertragen werden kann.

Ich habe die Entwicklungsgeschichte der Wurzel nur bei *Azolla filiculoides* verfolgen können; aller Wahrscheinlichkeit nach stimmen alle *Azolla*-Arten in dieser Beziehung überein. Diese Annahme liegt besonders nahe für *Azolla caroliniana* (Taf. VII, Fig. 111) und *Azolla pinnata* (Taf. VII, Fig. 112b), welche beide ganz einfache einzeln stehende Seitenwurzeln besitzen, aber auch für *Azolla nilotica*, wo die Seitenwurzeln in Fascikeln von 6—20 vereinigt sind, (Taf. VII, Fig. 115), dürfte das Nämliche gelten. Denn die Seitenwurzeln im Fascikel von *Azolla nilotica* entspringen nicht aus einander, sondern sind seitlich neben einander dem Stamme inserirt. Ich möchte fast vermuthen, dass bei *Azolla nilotica* vor Beginn der Wurzelbildung eine Theilung der Wurzelinitiale stattfindet, und dass sofort so viel Scheitelzellen aus derselben differencirt werden, als später Wurzeln vorhanden. Dieses ist nur eine Vermuthung, die mir aber wahrscheinlich erscheint, weil ich alle im Fascikel vereinigten Wurzeln von Anfang an gleich weit entwickelt finde und weil alle gemeinschaftlich von der einen Scheide umgeben werden (Taf. VII, Fig. 115). Diese Scheide wächst noch längere Zeit mit dem Fascikel fort, die einzelnen Wurzeln zusammenhaltend. Das ganze Fascikel erscheint zunächst kegelrund, dann spindelförmig, bis die Scheide durchrissen wird, und die Wurzeln sich frei ausbreiten. Auf den ersten Blick könnte man hier fast glauben, dass man eine ähnliche Bildung wie bei *Salvinia*: ein Wurzelblatt vor sich habe. Die anatomische Untersuchung überzeugt vom Gegentheil, und ist es ein Leichtes, selbst bei aufgeweichtem Material die Wurzelhaube an den einzelnen Wurzeln nachzuweisen, sie auch von der Wurzel herunterzuziehen. Eigenthümlicher Weise giebt Mettenius auch für *Azolla pinnata* Wurzeln in Fascikeln von 2—6, seltener vereinzelt, an¹⁾; die sehr zahlreichen Pflanzen verschiedenen Ursprungs, die ich untersuchte, zeigten ausnahmslos nur einfache Wurzeln, so dass ich wohl annehmen muss, dass diese Angabe auf einem Irrthum be-

¹⁾ l. c. p. 4; Sp. 1.

ruht. An älteren Wurzeln von *A. pinnata* löst sich die Scheide in einzelnen Fasern ab und giebt so der Wurzel ein plumoses Aussehen.¹⁾

Bei *Azolla filiculoides* steht an allen Verzweigungsstellen ausnahmslos eine Seitenwurzel. Bei *Azolla caroliniana* und *pinnata* werden häufig einzelne Zweiginsertionen übersprungen, ob in solchen Fällen die Wurzelinitiale gar nicht angelegt, oder nur nicht weiter entwickelt wird, weiss ich nicht zu sagen; bei *Azolla nilotica* fand ich endlich häufig ganze Zweigsysteme ohne Wurzelbildung, andere hingegen (wie Fig. 115), regelmässig an sämtlichen Verzweigungsstellen mit Wurzel-Fascikeln besetzt.²⁾

Haare.

Auf der Rückenfläche des Vegetationskegels von *Azolla filiculoides* entspringen Haare, die ich hier nicht unerwähnt lassen will, und zwar wegen ihrer Beziehung, auch an dieser Stelle, zu den Nostoc-Schnüren. Die genannten Haare stehen nur in der Vertiefung, die durch die starke Krümmung des Vegetationskegels veranlasst, an dessen Rückenfläche entsteht (Taf. I, Fig. 6, 7, 8, *Hr.* 15, 20). Diese Vertiefung ist völlig mit Nostoc-Schnüren angefüllt und bildet die Vorrathskammer, aus der die jungen Blätter ihren Nostoc schöpfen. Die Haare entspringen einzelnen Epidermiszellen um die Mediane der Rückenfläche (Fig. 15, 20) und verhalten sich in ihrer Entwicklung durchaus so wie die Haare in den Blattohöhlen. Sie bilden entweder einfache, aus 2—3 Zellen aufgebaute, keulenförmige Haare, oder erzeugen aus ihrer Endzelle mehrere einfache Glieder. Die Haare wachsen zwischen das Nostoc hinein, und werden, wenn man dasselbe zu entfernen sucht, gleichzeitig ausgerissen. Diese Haare fehlen an älteren Theilen des Stammes³⁾ wo auch das Nostoc fehlt, und schwinden von

¹⁾ Daher giebt auch Griffith (übersetzt von Schenk Flora 1846. p. 507) für die *Azollae asiaticae*: Radices partim vel omnino plumose an.

²⁾ Die Angaben über Spongiolen an den Wurzelenden und Anschwellungen derselben, wie sie Martius l. c. p. 124 beschreibt und auch auf Taf. LXXIV, Fig. 2 u. 3 abgebildet, sind nicht richtig, wie dies schon Meyen l. c. 509 hervorhebt; ebenso müssen die Angaben, dass hin und wieder einzelne Wurzeln den Achseln der Blätter entspringen, bei Martius l. c. p. 124, auch die Angabe von Mettenius l. c., dass sie selten auch zwischen den Zweigen inserirt sind, auf einer Täuschung beruhen. Ebenso vermisste ich die articulirten Haare, welche nach Mettenius (l. c. p. 2, Sp. 2) dicht die Wurzeln bedecken sollen; es sind vielmehr die schon erwähnten Fasern der desorganisirten Scheide.

³⁾ In ähnlicher Gestalt findet man sie noch um die Basis junger Indusien (vergl. Griffith Fig. 4 u. 5, Taf. IV. Flora 1846), doch kenne ich sie dort nur unvollständig, nach aufgeweichten Exemplaren.

der Rückenfläche in dem Maasse als sich der Stengel streckt, und von dem Nostoc verlassen wird. Es liegt also nahe anzunehmen, dass auch an dieser Stelle ähnlich wie in den Blatthöhlen die Pflanze durch diese Haare in nähere Beziehung zu dem Nostoc tritt.

Die generativen Theile.

Azolla besitzt zweierlei Sori¹⁾: männliche und weibliche. Erstere enthalten, ganz ähnlich wie bei *Salvinia*, eine grosse Anzahl langgestielter Microsporangien, letztere eine Macrospore von eigenthümlichem Bau, die in ihren einzelnen Theilen durchaus noch zu deuten bleibt. Auch der morphologische Ort der Entstehung dieser Gebilde ist noch festzustellen, da es auch Mettenius in seiner letzten Arbeit über *Azolla* nicht gelang, sich über denselben zu fixiren.²⁾ Diesen Punkt wollen wir zu allererst in's Auge fassen.

Mettenius (l. c.) giebt an, dass die Sporangienbehälter paarweise an der Unterseite des Stammes entspringen und dass sie mit einem verkürzten Zweige zugleich in der Achsel eines Blattes stehen, vielleicht auch der Basis dieses verkürzten Zweiges angehören³⁾. Die genaue Untersuchung der vier *Azolla*-Arten hat mir nun freilich etwas anderes gelehrt. Bei allen den genannten Species sind die Sporangienblätter metamorphosirte Blattlappen und zwar gehören sie zu dem unteren bauchsichtigen Lappen des Blattes. Dieser Lappen kommt auch zur Entwicklung, doch in seiner ganzen Ausdehnung nur einschichtig, und ohne seinen Blattbündeltheil zu erhalten; dieser kommt vielmehr den Sporangienbehältern zu gute. Auch erleidet dieser Blattlappen gleichzeitig eine bedeutende Metamorphose zum Schutze der Sporangienbehälter; bei *Azolla filiculoides* wird er nur muschelförmig und deckt die Sporangienbehälter von der einen Seite (Taf. V, Fig. 73); bei *Azolla filiculoides* var. *rubra* (Taf. V, Fig. 75) und den andern *Azolla*-Arten wird er hingegen helmartig und schliesst die Sporangienbehälter voll-

¹⁾ Diese Bezeichnung, die Mettenius in seiner letzten Arbeit braucht, ist, wie wir bald sehen sollen, richtiger als alle andern.

²⁾ Pl. Tin. l. c. auf der zweiten Spalte der zweiten Seite. „Sororum insertionem pro certo enucleare frustra conatus sum.“

³⁾ Aehnlich auch die älteren Beobachter.

ständig ein (Taf. V, Fig. 77); am vollständigsten geschieht dies bei *Azolla nilotica*, wo er gleichzeitig auch die bedeutendste Grösse erreicht. Diese Verhältnisse werden am Besten durch die Figuren 73, 75 u. 77, Taf. V, zum Theil auch schon durch die Habitusbilder Fig. 111 u. 115, Taf. VII illustriert. Wie eben erwähnt, erhält der untere Lappen am fruchtbaren Blatte seinen Bündeltheil nicht, vielmehr tritt dieser in die Sporangienbehälter. Es zeigen dies die Figuren 73 u. 74, Taf. V. An der Seitenansicht Fig. 73, Taf. V bemerkt man zunächst, dass dem unteren Blattlappen das Bündel fehlt; an der Fig. 74, Taf. V kann man das Blattbündel von seiner Ansatzstelle am Stammbündel an verfolgen, dasselbe sich theilen und den oberen Ast in den oberen Blattlappen, den unteren nach nochmaliger Gabelung in die beiden Sori eintreten sehen.

Die Sori werden stets nur an dem untersten Blatte der Sprosse angelegt. Bei *Azolla filiculoides* zeigt ein solcher Spross nur geringe Entwicklungsfähigkeit und hört nach kurzer Zeit zu wachsen auf. Man findet die Sori hier daher immer an der Basis kleiner Sprosse. Die schon erwähnte Fig. 73 stellt einen solchen Spross von der Seite vor. — Bei den andern *Azolla*-Arten entwickelt sich dieser Spross gleich den andern weiter, und stehen die Sporangienbehälter daher auf späteren Entwicklungszuständen meist an der Basis kräftiger Sprosse, ja selbst Sprosssysteme (Fig. 113).

Alle *Azolla*-Arten sind monöcisch. Bei *Azolla filiculoides*, *caroliniana* und *pinnata* werden die Sporangienbehälter in Zweizahl angelegt (Fig. 73, 74, 75, Taf. V, 111 u. 113, Taf. VII), (entweder zwei männliche, oder ein männliches und ein weibliches, oder zwei weibliche). Bei *Azolla nilotica* (Fig. 77, Taf. V und 115, Taf. VII) in Vierzahl (in ähnlichem wechselnden Verhältnisse der Geschlechter). Eigenthümlicher Weise wird dieser letztere Charakter von Mettenius nicht angeführt, während er doch *Azolla nilotica* von allen andern *Azolla*-Arten unterscheidet.

Nach den Angaben von Griffith¹⁾ zu schliessen, werden beide Sporenbehälter, der männliche wie der weibliche in gleicher Weise angelegt. Leider standen mir an Alcoholexemplaren nur fertige Sporenbehälter zur Verfügung, nach dem, was ich an aufgeweichtem Material sehen konnte, glaube ich an der Richtigkeit dieser Griffith'schen Angabe nicht zweifeln zu dürfen. Die ersten von Griffith untersuchten Entwicklungszustände der Sporangienbehälter von *Azolla pinnata* R. Br. zeigen sie in ein kapuzenförmiges Involucrum eingeschlossen. Dieses Involucrum ist, wie unsere Untersuchungen zeigen

¹⁾ Ueber *Azolla* und *Salvinia* von W. Griffith. Aus dem Calcutta Journal of natural history. July 1844 übersetzt von Schenk in der Flora Nr. 31 u. f. 1846.

der bauchständige metamorphosirte Blattlappen. Die beiden Anlagen der Sporangienbehälter bilden nach Griffith um diese Zeit kleine kegelförmige Körper, deren jeder von einer becherförmig um seine Basis sich erhebenden Hülle umfasst wird. Bald schliesst die Hülle über dem Scheitel des Kegels zusammen, sie wächst hier in eine kleine Warze aus. Gewöhnlich bevor noch die Oeffnung geschlossen, sieht man feine Nostoc-Schnüre in derselben. Um die Basis der Anlagen entspringen einzelne mehrzellige an ihrem Scheitel kopfförmig angeschwollene Haare.

So weit die Entwicklung der Sorkapsel; ich habe sie, an die Griffithsche Beschreibung mich haltend, mit eigenen Worten wiedergegeben, ohne mich an die Bezeichnungsweise und die Deutung Griffith's zu halten.¹⁾ Bis zu dieser Stelle ist die Schilderung Griffith's auch wirklich richtig, denn auch bei *Salvinia* entwickeln sich, wie ich mich überzeugen konnte, die Sporangienkapseln in ganz derselben Weise.²⁾ An Exemplaren der letzteren, die ich im Herbst des vorigen Jahres in absolutem Alcohol aufbewahrt hatte, fand ich sie in allen Entwicklungszuständen. Die Kapseln werden schon ganz nahe am Vegetationskegel aus ganz jungen Wasserblättern gebildet. Einzelne eben angelegte Blattzipfel, mit zweiflächig zugespitzter Scheitelzelle wie die andern, schwellen ein wenig an, und um ihre Basis sieht man alsbald durch rasche Theilung der Dermatogenzellen, sich im Umkreis einen Wall erheben, der alsbald becherförmig den Blattzipfel umschliesst.³⁾ Der Becher wächst in seinem ganzen Umfange, durch abwechselnd nach aussen und innen geneigte Scheidewände in den obersten Zellen des Randes. Noch bevor er die halbe Höhe des sich langsamer fortentwickelnden mittleren Höckers erreicht hat, sind viele Zellen an der Oberfläche des letzteren papillenartig hervorgetreten⁴⁾, haben zweiflächig zugespitzte Scheitelzellen erhalten und wachsen zu den Sporangienanlagen aus. Ueber denselben schliesst alsbald sich verengend die Hülle endlich völlig zusammen.

¹⁾ Griffith hält die Nostoc-Schnüre für Pollenkörner, jede Zelle derselben für ein Pollenkorn, ebenso auch die Haare an der Basis der Sori für männliche Organe. Beide Sori für weiblich. Aeltere Forscher wie R. Brown (*Prodromus fl. Nov. Holl.* p. 166) und Meyen (*N. A. Ac. L. C. Vol. XVIII, P. I, p. 507*) hielten das weibliche Organ für das männliche und umgekehrt. Martius hatte (*l. c.*) bereits eine Ahnung von dem richtigen Sachverhalt, der aber erst von Mettenius *Linnaea* 1847 p. 259 sicher ausgesprochen wurde.

²⁾ Auch Griffith giebt bereits *l. c.* das Nämliche an.

³⁾ Vergl. die Fig. 23 bei Griffith *l. c.*

⁴⁾ Dass dieser Wall nur analog im Entwicklungsmodus, nicht aber homolog den Integumenten der Samenknospen sein kann (wie es Griffith will und vor Kurzem auch Magnus hervorhob), darauf habe ich an andern Orten hingewiesen.

Die Sporangienkapseln der *Salvinia* und der *Azolla* sind morphologisch gleichwerthige Gebilde. Bei *Salvinia* zeigt die Entwicklungsgeschichte unmittelbar, dass diese Kapseln metamorphosirte Blattzipfel (Blattexcrencenzen) sind. Das Ende des Blattzipfels wird zur Columella; eine Wucherung an der Basis desselben zur Kapselwand: dem Indusium; der Columella entspringen als Trichomgebilde die Sporangien. Dasselbe gilt auch für *Azolla*, auch dort stellen die Sori Blattexcrencenzen vor, die in der Columella enden, um welche, als basale Wucherung, das Indusium sich erhebt.

Weiter lässt sich der Vergleich auf die Farne ausdehnen, und so auf morphologisch ganz klar vorliegende Fälle zurückführen, denn es liegt nahe genug anzunehmen, dass eine Sporangienkapsel einem Farnsorus homolog sei. Namentlich gross ist die Aehnlichkeit mit einem Sorus von *Hymenophyllum* oder von *Cyathea*. Bei *Hymenophyllum* brauchen wir uns nur das becherförmige Indusium über der sporangientragenden Columella geschlossen zu denken, um dieselbe Kapsel wie bei *Salviniaceen* zu erhalten; bei *Cyathea* ist das Indusium geschlossen und bildet eine Kapsel um den grossen Sorus. Auf die Uebereinstimmung mit *Cyathea* weist schon Mettenius hin¹⁾ und bezeichnet auch richtig die ganze Sporangienkapsel der *Salviniaceen* als Sorus.

In diesem Verhalten stimmen die *Salviniaceen* sogar näher mit den Farnen als mit den andern *Rhizocarpeen*: den *Marsiliaceen* überein. Denn nach den schönen Untersuchungen von Russow²⁾ entspricht eine s. g. Sporenfrucht von *Marsilia* einem ganzen aus Stiel und Spreite zusammengesetzten Blatttheil. Jede Frucht-Klappe stellt (wohl) ein ganzes Blättchen vor und trägt eine ganze Reihe quer übereinander inserirter Sori. Mit den Farnen verglichen, würde also jede s. g. Sporenfrucht von *Marsilia* einem ganzen Blatttheil gleich zu stellen sein, während die Sporangienkapsel den *Salviniaceen* nur einem Farnsorus, also auch nur einem queren Sorus der *Marsilia*-frucht entspringt.³⁾ Eine Analogie zwischen *Azolla* an die *Marsiliaceen* besteht in dem Umstande, dass auch die Sporangienkapseln der *Azolla* von dem metamorphosirten, helmartig gestalteten unteren Blattlappen umhüllt werden. Natürlich ist dies eine blosser Analogie nur, denn in jeder andern Beziehung sind beide umhüllenden Blatttheile durchaus verschieden.

¹⁾ Pl. Tin. auf der zweiten Seite.

²⁾ Histologie und Entwicklungsgeschichte der Sporenfrucht von *Marsilia* p. 74.

³⁾ *Pilularia* hält sich nach den Untersuchungen von Russow an *Marsilia*, ohne dass aber eine klare Deutung aller Theile bereits vorliegt.

Als gemeinsam für die ganze Rhizocarpeengruppe war nach alledem gewonnen, dass die Sporangien (sowohl Macro- als Microsporangien) in derselben an Blätter gebunden sind. Sie schliesst in dieser Beziehung unmittelbar an die Farne an.

Microsporangien-Sorus, Microsporangien, Massulae und Microsporen.

Die Microsporangienhäufchen stellen mit ihrem Indusium fast kegelförmige Kapseln vor, die durch diese ihre Gestalt, vor allem aber durch ihre bei weitem bedeutendere Grösse (bis 1, 5 Mm. Durchmesser) von den Macrosporangienkapseln sofort zu unterscheiden sind (Fig. 74 und 76, Taf. V).

Am Scheitel läuft das die Kapselwand bildende Indusium in eine kurze Spitze aus, durch deren Mitte ein im reifen Zustande völlig geschlossener Kanal verläuft (Taf. V, Fig. 74, 78 *a* u. *b*). Das Indusium ist zweischichtig¹⁾ (Fig. 78 *b*), von äussern, etwas grösseren, chlorophylllosen und inneren, kleineren, chlorophyllhaltigen Zellen aufgebaut. Die Membranen dieser Zellen sind schwach verdickt und farblos, nur an der Spitze des Behälters stärker und dann auch rothbraun gefärbt. Im Innern des Indusium findet man stets frei in der Scheitelwölbung eigenthümliche weisse, ziemlich stark das Licht brechende, dicht an einander gedrängte Körner (Fig. 78 *b*), von ungewöhnlicher Resistenzfähigkeit gegen Säuren und Alkalien, die auch kaum und nur selten mit Chlorzinkjodlösung sich bläulich färben lassen. Ich weiss mir kaum die Existenz solcher Körner an dieser Stelle zu erklären. Wollte man den Beschreibungen (l. c. p. 485) und Zeichnungen (l. c. Taf. VI. I., Fig. 3—7) Griffith's Glauben schenken, so würden es die in ihre einzelnen Glieder zerfallenen Nostoc-Schnüre sein, die während der Entwicklung der Sporangienkapsel durch die noch offene Hülle in dieselbe eindringen sollen. Freilich hätten sie dann eine eigenthümliche Metamorphose erfahren, und an Grösse zugenommen. Bei *Azolla filiculoides* (Taf. V, Fig. 78 *c*) und *caroliniana* (Fig. 79) werden die Aussenzellen des Indusium von graden Seitenwänden begrenzt, sie bilden mehr oder weniger grade, nach dem Scheitel zu convergirende Reihen. Bei *Azolla filiculoides* fand ich sie mehr rechteckig, bei *Azolla caroliniana* mehr sechseckig. Bei *Azolla pinnata* (Fig. 80) und *nilotica* (Fig. 81) werden genannte Zellen von wellenförmig hin und hergebogenen Seitenwänden umgeben und zwar sind diese Zellen bei *pinnata* meist fast um die Hälfte kleiner als bei *nilotica*.

¹⁾ Mettenius giebt sie für einschichtig aus l. c. auf der zweiten Seite.

Der ganze Microsporangiensorus ist kurz gestielt, und das Bündel erlischt im Inneren des Stieles (Fig. 74). Letzterer setzt sich noch eine Strecke weit in das Innere des Behälters fort und bildet eine niedrige, nur etwa 0,22 Mm. hohe Columella, an welcher die Microsporangienstiele befestigt sind (Fig. 82). Die Angabe Meyen's¹⁾, dass die Columella in einem keulenförmigen Körper endige, kann ich nicht bestätigen.

Die Microsporangien erfüllen dicht gedrängt, wohl bis 40 an der Zahl, den ganzen Behälter. Jedes Microsporangium besteht aus einem langen, von zwei Zellreihen gebildeten Stiele (Taf. V. Fig. 83) und einer, von einschichtiger Wand umgrenzter Kapsel (Fig. 83 u. 84). Die Zellen dieser Wand sind sehr flach, äusserst zart, farblos und enthalten nur wenige kleine Stärkekörner (Fig. 84). Im Grunde des Indusium findet sich, an der Basis der Columella, stets eine Anzahl abortirter Sporangien (Fig. 82). Diese Verhältnisse gelten für alle Azolla-Arten, weiter zeigen sich aber einige Verschiedenheit.

Schon bei Betrachtung unversehrter Microsporangien von Azolla bemerkt man dass der Inhalt derselben aus mehreren getrennten Ballen den s. g. Massulae²⁾ besteht. Oeffnet man das Sporangium, so treten diese Massulae auseinander und von ihrer Oberfläche erheben sich rasch bei *A. filiculoides* oder *caroliniana* ankerförmig gestaltete, haarähnliche Gebilde (Taf. VI, Fig. 75a und 77)³⁾, die ich in der Folge als Glochiden bezeichnen will.⁴⁾

Jedes Sporangium von *A. filiculoides* (Fig. 83) enthält 5—8, meist 6⁵⁾, von *Az. filic. var. rubra* meist nur 3—4 solcher Ballen, von nach aussen abgerundeter nach innen durch gegenseitigen Druck mehreckiger Gestalt. Jede Massula wird aus einem eigenthümlichen erhärteten gelblich-bräunlichen Schaume gebildet, der aus Höhlungen verschiedener Grösse besteht; im Innern im Allgemeinen aus grösseren als im Umkreis (Fig. 85a—87). In diesem gewebeartigen Schaume peripherisch, meist zu je vier beisammen, liegen die Microsporen eingebettet.⁶⁾ Ich will den gewebeartigen Schaum daher als Zwischenmasse⁷⁾ bezeichnen. Nach aussen wird die Zwischenmasse jeder Massula von einer continuirlichen Haut umgeben, der sich die ein-

¹⁾ Beiträge zur Kenntniss der Azollen N. A. A. C. L. C. N. C. Bd. XVIII, Theil I. p. 519 und Tafel XXXVIII, Fig. 24.

²⁾ Mettenius Linnaea 1847, p. 264 und Pl. Tinn., früher gongyli oder semina.

³⁾ Zuerst ganz richtig beobachtet von Martius l. c. Taf. LXXV f. 14.

⁴⁾ Glochis: Wiederhaken, Angelhaar.

⁵⁾ Auch Mettenius giebt (Linn. Pl. 275) 6 an.

⁶⁾ Zuerst von Martius l. c. gesehen und Taf. LXXV, f. 14 abgebildet, von Meyen auch später noch (1836) l. c. in Abrede gestellt.

⁷⁾ Aehnlich wie Pringsheim bei *Salvinia*, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. III, p. 512.

zelnen Hohlräume der Zwischenmasse nach Maassgabe des Baumes anlegen. Diese Haut zeigt bei *Azolla filiculoides* var. *rubra* (Taf. VI, Fig. 86a) scharf markirte Knötchen. Ihr entspringen auch im Umkreis der Massula die eigenthümlich gestalteten Glochiden. Sie sind der Haut schmal inserirt ohne stets deutliche Beziehung zu den unter derselben liegenden Hohlräumen. Fig. 86a zeigt die Insertion eines derselben. Diese Glochiden sind bei *Azolla filiculoides* einkammerig, bei *Azolla filiculoides* var. *rubra* im oberen Theile 2—3 Mal septirt, wobei häufig die untersten Scheidewände unvollständig, nur als einseitige Leisten in das Lumen der Glochide vorspringen. Die Membran der Glochide ist farblos durchsichtig. An der Basis und am Scheitel sind die Glochiden einseitig zusammengedrückt (Fig. 86b), in ihrer Mitte etwas bauchig angeschwollen, an ihrer Spitze enden sie in einem ankerförmigen Köpfchen. Die Fig. 86a gibt eine Frontansicht, die Fig. 86b eine Seitenansicht desselben sowie des ganzen Gebildes. Das Köpfchen und der flachgedrückte Fuss sind ihrer ganzen Masse nach fast ohne Lumen. Die Glochiden besitzen eine erstaunenswerthe Elasticität. Solchen Pflanzen, die viele Decenien lang getrocknet aufbewahrt worden waren, entnommen und sie in's Wasser gebracht, werden sie sofort turgescent und stellen sich mehr oder weniger senkrecht auf die Massula. Im Innern des unversehrten Sporangiums findet man sie an ihrem flachen Fusse umgebogen dicht den Massulae¹⁾ anliegend. Diese Glochiden sind auf den Innenseiten der Massulae meist zahlreicher als auf ihrer Aussenseite.

Die Massulae zeigen von der Aussenseite betrachtet einen durchschnittlichen Durchmesser von 0,16 Mm., die Glochiden eine Länge von circa 0,07 Mm.

Die Microsporen sind 0,037 Mm. im Durchmesser gross, sie zeigen eine einfache ziemlich stark verdeckte Membran, im innern einige Körner und Fetttropfen²⁾ (Fig. 85b). Meist sind auf der einen Seite derselben auch noch drei Leisten zu erkennen, die auf ihren Ursprung durch tetraedrische Theilung der Mutterzelle hinweisen.³⁾ Im Umkreise jeder Microspore ist die Zwischenmasse etwas verdichtet.

Die Microsporangien von *Azolla caroliniana* enthalten meist 3—6 Massulae,⁴⁾ die ganz so wie diejenigen von *filiculoides* gebaut sind, sich aber

¹⁾ Doch ist es nicht richtig, was ich ganz allgemein angegeben finde, dass sie nur den Rändern der Massula entspringen.

²⁾ Vergl. auch Martius l. c.

³⁾ Schon erwähnt von Mettenius für *A. pinnata* Linnaea 1847 p. 274.

⁴⁾ Nach Martius l. c. p. 125 4—8; nach Meyen l. c. p. 519 6—8; nach Mettenius Linn. p. 276, 6.

von *Azolla filiculoides* durch die septirten Glochiden und auch von *Azolla filiculoides* var. *rubra* dadurch unterscheiden, dass die Glochiden ihrer ganzen Höhe nach gleichmässig durch 3—5 Scheidewände getheilt werden (Taf. VI, Fig. 87).

Die Sporangien von *Azolla pinnata* schliessen 3—5, an einem Exemplar sogar 6—8 ¹⁾ Massulae ein. Die Massulae werden auf der äussern Seite abgerundet und springen in der Mitte der Innenseite bedeutend vor. Sie zeigen daher im Allgemeinen eine fallschirmähnliche Gestalt. Auf dem Vorsprung der Inseite stehen unregelmässige Gebilde, die sich kaum den Glochiden der vorerwähnten Arten anreihen lassen, vielmehr unmittelbare Fortsätze der Zwischenmasse bilden. Den Bau und die Gestalt derselben illustriert am besten die Fig. 88 Taf. VI. In den übrigen Verhältnissen schliessen die Massulae an die der andern Arten an.

Die Sporangien von *Azolla nilotica* enthalten nur 2 Massulae. Die Massulae zeigen hin und wieder rein halbkugelige Gestalt, meist springt aber die Innenfläche entweder in ihrer Mitte oder an den Rändern wurzelartig vor (Fig. 89 u. 90 Taf. VI). Mettenius beschreibt für *Azolla nilotica* (l. c.) ganz ähnliche Fortsätze an den Massulae wie bei *Azolla pinnata*. Diese Angabe ist nicht zutreffend ²⁾, vielmehr besitzt die Massula von *A. nilotica* so gut wie gar keine Fortsätze. Wenn sie welche aufzuweisen hat, so stimmen dieselben freilich mit *A. pinnata* darin überein, dass sie eine unmittelbare Fortsetzung der Zwischenmasse sind, bleiben aber auch in diesen Fällen so klein und unscheinbar, dass sie durchaus gegen die Masse der Massulae verschwinden (Vergl. unsere Fig. 89 und 90). Die äussere Haut der Massula zeigt hier ähnlich ausgeprägte Knötchen wie bei *A. filiculoides* var. *rubra*.

In reifen oder fastreifen Sori aller *Azolla*-Arten finde ich die Hohlräume der Zwischenmasse mit Luft erfüllt. Bei der Reife wird das Indusium aufgerissen, auch die Microsporangien durchbrochen und die Massulae treten hervor. Die in der Zwischensubstanz angesammelte Luft muss sie auf die Oberfläche des Wassers erheben, wo sie dann frei herumschwimmen. An vielen getrockneten Exemplaren konnte ich sie in grosser Anzahl an allen Theilen der Pflanze haftend vorfinden.

Der eigenthümliche Bau und das ungewöhnliche Aussehen der die Massulae bildenden Zwischenmasse, sowie der auf derselben stehenden Glochiden, veranlasste mich die Wirkungen einiger chemischer Reagentien auf dieselben zu versuchen. Es handelte sich zunächst um die Einwirkung von Chlorzink-

¹⁾ Mettenius giebt in Linn. u. pl. Tin. 4 an.

²⁾ Die Abbildung Taf. XXV, Fig. 14 u. 15 passt ebensowenig auf *Azolla nilotica* als auch auf *Azolla pinnata*.

jod und Jod und Schwefelsäure. Die Zwischenmasse von *Azolla filiculoides* färbte sich in beiden Fällen tief gelbbraun, wie gewöhnlich stickstoffhaltige Substanzen, die Glochiden an den Massulae derselben Pflanze hellgelb, besonders die verdeckte Spitze. Dieses Resultat veränderte sich nicht, auch wenn ich zuvor die Präparate in Kalilauge erwärmt hatte; die Glochiden werden nur noch stärker gelb, ja an den Spitzen gelbbraunlich gefärbt. Eine ähnliche Farbe zeigten auch die Membranen der Microsporen, während gleichzeitig die Microsporangienbehälterwand und die Microsporangienwände schön blau erschienen. Mit Jod allein färbte sich nur die Zwischenmasse gelb, die Glochiden blieben farblos, mit conc. SO^3 war häufig an der Zwischenmasse (nicht an den Glochiden) eine röthliche Färbung zu erkennen¹⁾, die Membranen der Microsporen färbten sich rothbraun. Die Zwischensubstanz und die Glochiden zeigten gleichzeitig eine grosse Resistenzfähigkeit gegen concentrirte Schwefelsäure. Ich fand sie noch unversehrt erhalten, wenn Behälter und Sporangienwand schon lange aufgelöst waren. Dass die Zwischenmasse der Massulae aus einer stickstoffreichen Substanz besteht, ist evident, eine solche wäre auch in der Membran der Glochiden zu vermuthen, dieselbe zeigt ein ähnliches Verhalten wie das, ihr auch optisch vergleichbare, farblose und dünne Häutchen das als Cuticula die Oberfläche der Pflanzen überzieht.

Wie aus der Beschreibung der Microsporangiumkapsel zu ersehen ist, zeigt dieselbe unstreitig eine nicht geringe Aehnlichkeit mit dem gleichen Gebilde bei *Salvinia*. Dieses ist für uns von nicht geringer Wichtigkeit, denn es soll uns zum Verständniss einiger, uns noch fraglich gebliebener Punkte verhelfen. Der Microsporangienbehälter von *Salvinia* stellt ebenfalls eine hohle fast kugelige Blase vor, der kurze Stiel dieser Blase setzt sich in's Innere derselben als Columella fort und trägt die langgestielten Microsporangien.²⁾ So weit stimmt alles mit *Azolla* überein, aber auch in dem Folgenden lässt sich noch ein Anschluss finden. Schon Mettenius³⁾ spricht von einer „secernirten“ Masse bei *Salvinia* „welche zunächst in lockeren Schichten um die einzelnen Pollenkörner auftritt, schnell bedeutend vermehrt wird und nun die benachbarten Pollenkörner vereinigt, so dass endlich sämtliche in dieser gemeinschaftlich secernirten Masse eingebettet und durch diese verbunden in einer zusammenhängenden Kugel aus dem Säckchen entfernt werden können.“ . . . „Allmählig wird diese Masse undurchsichtig,

¹⁾ Mettenius *Linnaea* 1847 p. 271 will auch die Haare mit Jodbraun und mit conc. SO^3 roth gefärbt haben.

²⁾ Siehe die Abbildung bei Sachs, *Lehrbuch* 2. Auflage p. 374.

³⁾ Beiträge zur Kenntniss der Rhizocarpeen 1846 p. 20.

gewinnt an Festigkeit (und) wird von ihrer Peripherie, die der Wand des Säckchens dicht anliegt, scharf umgrenzt.“ Auch aus den Bildern ¹⁾ und Beschreibungen ²⁾ Pringsheim's erfahren wir, dass eine „scheinbar zellige“ Zwischenmasse die Microspore erfüllt und dass in derselben die Microsporen eingebettet sind. Die Masse lässt sich im Zusammenhange aus dem Microsporangium herausdrücken: sie bildet eine einzige Massula. Die Zwischensubstanz dieser Massula stimmt wie Fig. 15 Taf. XXVI (l. c.) lehrt, völlig mit der Zwischenmasse der Massulae der *Azolla* überein, sie ist nur noch kleinmaschiger als jene. Freilich bleibt gegen die *Azolla*-Arten immer noch der Unterschied bestehen, dass ihr Microsporangium mehrere Massulae einschliesst, und dass letztere bei einigen Arten mit den eigenthümlichen Glochiden besetzt sind. Doch nicht alle *Azolla*-Arten besitzen diese Glochiden, und die Fälle mit vielen Massulae in den Sporangien werden durch solche, wie bei *Azolla nilotica*, wo nur zwei Massulae vorhanden mit *Salvinia* verknüpft. Dass die Massula von *Salvinia* das Sporangium gar nicht verlässt, scheint mir kein wesentlicher Unterschied zu sein. Die Identität der Zwischenmasse, welche die Microsporen bei *Salvinia* und derjenigen, welche die Microsporen bei *Azolla* verbindet, anzunehmen, lag aber so nahe, dass dieselbe auch schon von Mettenius (*Linnaea* 1847 p. 271) annähernd und kürzlich von Russow ³⁾ mit aller Bestimmtheit ausgesprochen wurde. Nachdem letzterer *Salvinia* behandelte, schreibt er weiter ⁴⁾: Bei *Azolla nilotica* sind nach der Darstellung von Mettenius die Microsporen gleichfalls zu einer kugeligen Masse verklebt; es scheint somit diese bei den übrigen Gefässcryptogamen nicht beobachtete Erscheinung eine charakteristische Eigenschaft der *Salviniaceen* zu sein. Vielleicht dürfte man in der Pollenmasse der *Asclepiadeen* und *Orchideen* eine entfernte Analogie finden.“

Alle Beobachter, welche die Zwischenmasse bei *Salvinia* erwähnen, vermeiden es, sie für ein Gewebe auszugeben, sie wird als secernirte Masse, als scheinbar zellige Zwischenmasse, als Hüllmasse ⁵⁾ bezeichnet; dass sie nicht als ein Gewebe aufgefasst werden kann zeigt auch das erwähnte Bild bei Pringsheim. ⁶⁾ Zu einem ähnlichen Resultate waren wir auch für *Azolla* gekommen, ungeachtet dort die Zwischenmasse weit grossmaschiger, fester

¹⁾ Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. III, Taf. XXVI, Fig. 10 u. 15.

²⁾ l. c. p. 512.

³⁾ Histologie und Entwicklungsgeschichte der Sporenfrucht von *Marsilia* 1871.

⁴⁾ l. c. p. 67.

⁵⁾ Russow l. c.

⁶⁾ l. c. Taf. XXVI, Fig. 15.

und daher auch viel gewebeartiger erscheint; dieses Resultat wird durch *Salvinia* im vollsten Grade bestätigt. Auf welche Weise die Zwischenmasse sich differencirt, konnte ich bei *Azolla*, wo mir im Alkohol reife Microsporangien allein zur Untersuchung vorlagen, nicht an aufgeweichtem Material verfolgen, ungeachtet dessen liess sich mit aller Sicherheit constatiren, dass die Microsporen zunächst frei in farblosem Plasma eingebettet liegen, dass dieses Plasma später faserig (im frischen Zustande wohl schaumig) wird und schliesslich zu der festen Zwischenmasse erhärtet. Mit dieser letzten Differencirung ist eine gleichzeitige Sonderung in die einzelnen Massulae verbunden, deren jede sich mit ihrer eigenen Haut umgibt. Wie in jüngeren Sporangien, so fehlt die feste Zwischenmasse auch in den kleinen abortirten Microsporangien, die man in jedem Behälter an der Basis der Columella findet. Sie zeigen, da sie auf jungen Zuständen ihre Entwicklung eingestellt, nur isolirte Sporen. Bei *Salvinia* sind im jüngeren Sporangium die Microsporen ebenfalls getrennt, d. h. nur von farblosem, flüssigem Plasma umgeben, und dieses Plasma ist es auch, das schaumig werdend, allmählig erhärtet und sich als Zwischenmasse differencirt. Die Zwischenmasse ist also ein directes Produkt des die Sporen im Sporangium umgebenden Plasma's, nicht wie es Mettenius wollte, ein Secretionsproduct derselben.

Eigenthümlich ist es dann freilich, dass den Massulae bei *Azolla filiculoides* und *caroliniana* scheinbar Haare: die Glochiden entspringen. Ich habe leider an dem mir zu Gebote stehenden Material die Entwicklungsgeschichte dieser haarähnlichen Gebilde nicht verfolgen können, immerhin mich überzeugt, dass sie nicht den Fortsätzen an den Massulae von *Azolla pinnata* sich identificiren lassen, d. h., dass sie keine unmittelbar aus dem Plasma differencirte Bildungen sind. Dieses wird eigentlich hinlänglich schon durch den Habitus der Glochiden bewiesen, dann durch den Umstand auch, dass an jungen eben angelegten Massulae die Glochiden kleiner als an älteren sind, also ein selbständiges Wachsthum besitzen. Die Glochiden sind, wie wir gesehen (Vgl. Fig. 86a), ein Produkt der äussern Membran, welche jede Massula umgiebt. Diese Membran muss somit längere Zeit eines selbständigen Wachsthums fähig sein. Ob die Haare als wirklich aus Zellen zusammengesetzt, ob sie nur als Excrescenzen, eigenthümlich entwickelte Auswüchse dieser Haut aufzufassen sind, müssen spätere Untersuchungen zeigen; trotz des zellenartigen Aussehens dieser Haare spricht doch Manches, so z. B. der solide Fuss und Kopf, dann auch der Umstand, dass nie im Innern derselben Zellkerne noch irgend welche körnige Stoffe zu finden sind, für die letztere Annahme.

Die Microsporangien von *Azolla* werden in ganz derselben Weise an der Columella angelegt wie die Microsporangien von *Salvinia*. Dieses liess sich an aufgeweichtem Material sicher constatiren; nicht so die Zellfolge in der Entwicklung, die aber, wenn auch in diesem Punkte Uebereinstimmung mit *Salvinia* herrscht, sehr ähnlich der Sporangienentwicklung der Polypodiaceen sein müsste.¹⁾

Macrosporangien-Sori und Macrosporen.

Die Sori der Macrosporangien sind bedeutend kleiner als diejenigen der Microsporangien (meist nicht viel über 0,6 Mm. hoch), in einem Verhältnisse wie es die Fig. 74 Taf. V uns am besten vorführt. Auch ist die Gestalt der Macrosporangienkapseln eine andere mehr zugespitzt eiförmige und sieht man im Innern derselben auch nur einen einzigen Körper, während durch die Wände der Microsporangienkapsel die grosse Zahl der weissen Microsporangien durchscheint.

Das Indusium der Macrosporangien zeigt denselben Bau wie dasjenige um die Microsporangien, während aber bei dem letzteren die Verholzung der Wand auf den Vorsprung am Scheitel beschränkt bleibt, greift die Verholzung hier bis zur halben Höhe der Kapsel hinunter (Taf. VI Fig. 93). Mit dem Verholzen ist auch hier eine rothbraune Färbung der Zellmembranen verbunden und erscheint daher die ganze obere Kapselhälfte in dieser Farbe. Am Scheitel der Kapsel ist die Stelle wo die Hülle zusammenschloss immer noch zu erkennen (Fig. 93). Die Zellen der inneren Schicht der Kapselwand sind dort besonders gross und an ihren Innenwänden stark verdickt, ihre Grösse und Verdickung nimmt grundwärts in raschem Maasse ab. In der Scheitelwölbung finde ich dieselben Körnchen, die ich bereits in der männlichen Sporangienkapsel besprochen (Vergl. Taf. VI Fig. 93, 99 und Taf. VII Fig. 102 und 106). Die Kapsel ist kurz gestickt, ein aus einem einzigen oder nur wenigen Schraubengefässen bestehendes Bündel endet in diesem Stiele (Fig. 93).

Die ganze Kapsel wird von einem einzigen Körper ausgefüllt, den ich in einer Gesamtmasse als einzige Macrospore auffasse.²⁾ Die Macrospore besteht aus einem unteren und einem oberen Theile (Fig. 92). Der untere

¹⁾ Den Bildern von Griffith (l. c. Taf. VI. 2. Fig. 14—19) ist nichts Positives in dieser Richtung abzugewinnen.

²⁾ Am nächsten schliesst sich diese Deutung derjenigen von Mettenius in den pl. Tinn. an.

Theil schliesst den Hohlraum der Spore ein, der obere wird von einem eigenthümlichen, der Wandung der Spore angehörigen Apparate¹⁾ eingenommen, den ich Schwimmapparat nennen will.

Der untere Theil ist kugelförmig, ein Längsschnitt durch denselben (Taf. VI Fig. 93, 99 und Taf. VII Fig. 102, 105 u. s. w.) zeigt: einen runden nur von der scheitelsichtigen Seite abgeflachten Hohlraum, der theilweise mit farblosem Protoplasma angefüllt ist; um diesen eine homogene, gleich starke, bräunlich gelb gefärbte Membran, welche meist auf der abgeflachten Seite drei in der Mitte unter Winkeln von 120° zusammenstossende Leisten zeigt, um diese endlich, an dem unteren abgerundeten Theile, eine complicirt gebaute äussere Haut. Diese äussere Haut, die ich als Episporium bezeichne, ist in einer für die einzelnen Azolla-Arten charakteristischen Weise entwickelt. Um uns vom Bau derselben eine richtige Vorstellung zu machen, müssen wir die Längsschnitte und zugehörigen Flächenansichten gleichzeitig im Auge behalten. Bei *Azolla filiculoides* (Taf. VI Fig. 91—94 und 97a u. b.) erscheint das Episporium auf Flächenansichten, von mehr oder weniger runden Warzen besetzt, die im Innern heller erscheinen und so gegen die dunklere Grundlage des Episporiums besonders abstechen (Fig. 91, 92). Bei sehr starken Vergrösserungen (Fig. 97a) sieht man, dass die Grundmasse des Episporium wie von feinen unregelmässig contourirten luftgefüllten Poren durchsetzt ist. Die vorspringenden Warzen erscheinen bei dieser Vergrösserung von einer starken Haut umgeben, sie hängen seitlich durch mehr oder weniger entwickelte Brücken zusammen. Bei höchster Einstellung erscheint ihre Oberfläche ebenfalls von feinen Poren durchbrochen; bei etwas tieferer Einstellung sieht man in ihrem Innern eine aus lockeren Maschen bestehende Zwischenmasse (Fig. 97a). Der Längsschnitt Fig. 93 und 94 illustriert noch weiter den Bau: bei sehr starker Vergrösserung Fig. 97b sieht man, dass auf die innere bräunlich-gelbe Haut der Spore (*S*) zunächst eine Zwischenmasse folgt (*J. E. S.*), die durchaus in ihrem Bau der Zwischenmasse, welche die Microsporen verbindet, entspricht, und dass diese peripherisch von einer ziemlich stark entwickelten Membran (*A. E. S.*) begrenzt wird, welche in ihrer Masse ziemlich homogen, an ihrer Innenfläche fein porös erscheint, und Luft in diese Poren führt. Die Zwischenmasse ist an einer Stelle schwach, an der anderen stark entwickelt und zwar in regelmässiger Abwechselung. Die äussere Membrane folgt dieser Fluctuation, ist aber nur an den vertieften Stellen mächtig, an den erhöhten

¹⁾ Mettenius betrachtet denselben als „Massen abortirter Sporen, von einer gemeinsamen Haut zusammengehalten“ pl. Tinn. p. 1.

hingegen auf ihre innerste poröse Schicht reducirt. So erklären sich die Erscheinungen der Flächenansicht. Eigenthümlicher Weise entspringen ausserdem noch der Oberfläche der Warzen feine, lange Fäden, die selbst bei den stärksten Vergrösserungen homogen erscheinen, und denen ich im ganzen übrigen Pflanzenreiche keine andern Bildungen als die Cilien der Schwärmsporen zur Seite zu stellen wüsste. Der Tangentialschnitt Fig. 97, Taf. VI, dem die Indusiumwand noch in natürlicher Lage anhaftet, zeigt, dass die warzenförmigen Vorsprünge des Episporium sich den Höhlungen der Indusiumzellen entsprechend entwickeln, die vertieften Stellen des Episporium fallen unter die Seitenwände dieser Zellen. — Die *varietas rubra* unterscheidet sich im Bau ihres Episporium wenig von ihrer Stammform, nur fand ich häufig die seitlichen Ueberbrückungen zwischen den Warzen zahlreicher und diese dann mehr oder weniger in einander übergehend. — Bei *Azolla caroliniana* sieht man bei gleich starken Vergrösserungen (Fig. 101 *a* u. *b*, Taf. VI) das Episporium der unteren Macrosporenhälfte aus unregelmässigen, schneckenförmig gewundenen, seitlich verzweigten, stark lichtbrechenden, vorspringenden Höckern gebildet, die ihrer Gestalt gemäss, ähnlich geformte, engere, mit Luft angefüllte Vertiefungen zwischen sich lassen. Der Längsschnitt (Fig. 101 *a*) zeigt, auf die hier oft schön strahlig differencirte, bräunlich gelbe Sporenhaut (*S*) folgend, das Episporium zunächst aus einer feinfaserigen Zwischenmasse (*J. E. S.*) und peripherisch, aus einer starken, unregelmässig knotig vorspringenden dicken Membran (*A. E. S.*) zusammengesetzt. Von der obersten Stelle dieser Membran entspringen lange feine Fäden wie bei *A. filiculoides*. — Das Episporium der unteren Macrosporenhälfte von *Azolla pinnata* erscheint bei Flächenansichten (Fig. 103 *a*, Taf. VII) von regelmässig vertheilten, feinen Poren durchbrochen, welche kleine polygonale Felder stark lichtbrechender Substanz von einander trennen. Diesen Feldern sind in unregelmässigen Abständen einzelne, knotige, starke Höcker aufgesetzt. Der Längsschnitt (Fig. 103 *b*) lehrt, dass hier auf die ebenfalls strahlige, bräunlich gelbe Sporenhaut (*S*), eine dem Episporium angehörende starke Faserschicht (*J. E. S.*) folgt, und dass diese peripherisch von einer dicken Haut (*A. E. S.*) begrenzt wird, die aus radial gestellten Prismen besteht. An einzelnen Stellen wachsen benachbarte Prismen zusammen zu einem starken knotigen Höcker aus. Die seitlichen mit Luft erfüllten Zwischenräume der Prismen erscheinen auf der Flächenansicht als Poren, ihre Aussenflächen als kleine polygonale Felder. Das Episporium von *Azolla nilotica* (Taf. VII, Fig. 108 *a* u. *b*) zeigt einen der *A. pinnata* ähnlichen Bau, nur ist die faserige Zwischenmasse (*J. E. S.*) sehr stark reducirt, die Prismen (*A. E. S.*)

viereckiger und breiter, die vorspringenden Höcker kleiner und spitzer auslaufend und nur je einem einzigen Hautprisma ihre Entstehung verdankend. Die Breite der Prismen hat zur Folge, dass auch die luftgefüllten Poren auf Flächenansichten (Fig. 108a) spärlicher auftreten, auch sind sie hier, der Hauptsache nach, nur auf die Kanten der Prismen beschränkt. —

Das untere Episporium schliesst am oberen Rande an das obere Episporium, welches den ganzen oberen Theil der Macrospore: „den Schwimmapparat“ bildet, an. Bevor das untere Episporium hier aufhört, schwillt es nochmals zu einem Ringe auf. Dieser Ring ist besonders stark (wie die Flächenansicht Fig. 91 u. 92 und der Längsschnitt Fig. 93 u. 94 zeigt) bei *Azolla filiculoides* entwickelt; er besitzt durchaus den nämlichen Bau wie die früher beschriebenen Warzen: d. h. ist im Innern von schaumiger Zwischensubstanz (*J. E. S.*) erfüllt, von den Seiten von der dicken Haut (*A. E. S.*), an der Scheitelfläche nur von dem porösen innern Theile derselben umgeben. Der Ring läuft nicht in gleicher Höhe, sondern bildet, an die Verhältnisse des Schwimmapparates sich anpassend, drei sanfte Wellen um die Macrospore (Fig. 91 u. 92). Der Ring ist bei *Azolla filiculoides* höher als die Warzen und steht daher seitlich über dieselben vor (Fig. 93 u. 94). — *Azolla caroliniana* besitzt fast den nämlichen Ring (Fig. 99, Taf. VI), nur ist derselbe mehr aufwärts gerichtet und zugespitzt. Bei *Azolla pinnata* ist, wie Fig. 102, Taf. VII zeigt, der Ring etwas schwächer, er besitzt den nämlichen Bau wie das übrige Episporium. — Bei *Azolla nilotica* endlich ist die Ansatzstelle der oberen Sporenhälfte stark nach innen eingezogen und der Ring so gut wie gar nicht vorhanden, oder doch, wie Fig. 105 u. 106 zeigt, nur auf einen kurzen Fortsatz der äussern Episporiumschicht reducirt. —

Die obere Macrosporenhälfte: „der Schwimmapparat“, wie ich dieselbe genannt habe, besteht nur aus Zwischensubstanz, die ihrer Structur nach sich von der Zwischensubstanz welche die Microsporen verbindet, und der innern Episporiumschicht (*J. E. S.*) der Macrospore, nicht unterscheidet, zum Theil auch noch weiter zu besprechende Differencirungen zeigt. Dieser Schwimmapparat besteht aus 3, nur aus der schaumigen Zwischensubstanz aufgebauten, beiläufig birnförmigen Körpern, (die entweder einfach (Fig. 92, 93 u. 99, Taf. VI) oder noch jedes aus weiteren drei Stücken (Fig. 102, 104, 105, 106 u. 107) zusammengesetzt sind), und aus einem centralen Theile. Die birnförmigen Körper sind in Höhlungen des centralen Theiles eingebettet; an der Basis frei, so dass sie aus ihrer Höhlung herausgehoben werden können, am Scheitel mit dem centralen Theile verbunden. *Azolla*

fliculoides, fliculoides rubra und caroliniana stimmen in dem Bau der oberen Macrosporenhälfte völlig mit einander überein. Sie besitzen nur drei einfache birnförmige Körper, die ich im Anschluss an die Bezeichnung des ganzen Apparates, Schwimmkörper nennen will. Die Einfügung der Schwimmkörper und weitere Differencirung der oberen Sporenhälfte der genannten beiden Arten sind aus den schon citirten Figuren zu ersehen. Der Längsschnitt (Fig. 93, 94 u. 99) zeigt, dass über der Mitte des Sporenraums schaumige Zwischenmasse vorhanden ist, doch dass diese sehr bald spitz nach oben ausläuft, indem von den Seiten her feine faserige Zwischenmasse (von dem oberen Rande des Ringes ausgehend und schräg aufsteigend) in der Mittellinie der Spore zusammenstösst. Diese Fasermasse besteht aus feinen verflochtenen Fäden (ähnlich wie wir sie vorhin in der Innenschicht des Episporium's bei *Azolla caroliniana* (Fig. 101a *J. E. S.*) und *pinnata* (Fig. 103b *J. E. S.*) gesehen) und kleidet die drei Höhlungen aus, in welchen die birnförmigen Körper eingebettet liegen. Die verschiedene Differencirung der Zwischensubstanz im Umkreis der Schwimmkörper hat zur Folge, dass dieselben von der übrigen ihr gleich gebauten Grundmasse der oberen Sporenhälfte sich lostrennen und leicht mit ihrem unteren Theile aus den Höhlungen entfernt werden können, wie in Fig. 92 und 94 zu sehen. Der mittlere Raum zwischen den Schwimmkörpern wird, wie erwähnt, von ganz derselben Zwischenmasse, wie sie die Schwimmkörper bildet, ausgefüllt. Natürlich wird diese Masse seitlich zwischen den Körpern bis fast an die Peripherie der Spore reichen (Fig. 92). Höher hinauf neigen die Schwimmkörper bis zur seitlichen Berührung zusammen, hier fällt die schaumige Zwischenmasse weg und nur die faserige verbleibt, um die Schwimmkörper zu trennen. Am besten ist dieses an dem Längsschnitt (Fig. 93) zu sehen, an dem die einzelnen Theile mit den Nadeln etwas auseinander gezogen wurden. Die faserige Zwischenmasse läuft bis an den Scheitel des Schwimmapparates und verbreitet sich hier nach aussen über dessen ganze Spitze in eine in der Mitte starke, nach den Rändern zu immer schwächer werdende Faserschicht. An ihrem Rande verschmilzt diese äussere Faserschicht mit der innern Zellschicht der Indusiumwand und zwar ungefähr an der Stelle, wo die Verdickung letzterer aufhört. An reifen Sporangienkapseln wird der untere dünnwandig gebliebene Theil der Indusiumwand zerstört, nur der obere verdickte, rothbraun gefärbte bleibt. Hält man an diesem oberen Theil jetzt mit der Nadel fest und zieht an dem unteren Theile der Macrospore, so tritt dieselbe völlig aus dem Indusium hervor, während gleichzeitig die äussere Faserschicht sich nach innen umstülpt und nur mit ihrem Rande mit dem

Indusium verbunden bleibt. Ich habe dieses Verhalten in Fig. 92 abgebildet.¹⁾ Erst bei kräftigerem Ziehen trennt sich die äussere Faserschicht völlig vom Indusium los und kann frei, wie in Fig. 94, betrachtet werden. Der Rand der äussern Faserschicht hat sich dann in einzelne lange Faden aufgelöst, welche durchaus denjenigen gleichen, die wir vorhin an der Aussen-schicht des Episporiums gesehen. (Fig. 94 u. 95.)²⁾ Dasselbe wie für den oberen Sporentheil von *Azolla filiculoides* und *caroliniana* gilt im Wesentlichen auch für *Azolla pinnata* und *nilotica*. Die nur geringen Unterschiede werden von den Figuren 102—107 Taf. VII vorgeführt. Vor allem haben wir an den letztgenannten beiden Pflanzen 9 Schwimmkörper statt 3. Dass die 9 aus 3 entstanden zeigt jede Aussenansicht der Spore (Fig. 104)³⁾, noch besser die Fig. 107 Taf. VII, die eine mit Nadeln in ihre einzelnen Theile zerlegte Macrospore von *Azolla nilotica* uns vorführt. Die in drei getheilten Schwimmkörper haben mehr oder weniger die nämliche Gesamtform wie die einfachen Schwimmkörper beibehalten. In der Mitte zwischen den Schwimmkörpern über dem Sporenraum ist bei *Azolla pinnata* (Fig. 102) und *nilotica* (Fig. 105 u. 106) nur faserige Zwischensubstanz zu finden; sie kleidet wie bei den vorher behandelten Azollen die Höhlungen aus, in denen die Schwimmkörper (hier je drei Theile derselben) liegen. Bei *Azolla nilotica* rücken die Schwimmkörper von der Basis an so nahe an einander, dass die sie auskleidende faserige Zwischenmasse sofort in der Mittellinie über dem Sporenraume verschmilzt (Fig. 105 u. 106). Bei *Azolla pinnata*, wo die Schwimmkörper an der Basis entfernter bleiben, entsteht, da keine schaumige Zwischenmasse hier erzeugt wird, in der Mittellinie über der innern Sporenwand ein hohler Kanal, der erst höher hinauf, wo die Schwimmkörper zusammenkommen, in dem mittleren Faserstrange aufhört (Fig. 102). Bei *Azolla nilotica* (Fig. 105 u. 106) ist der mittlere Sporenraum mehr abgeflacht als bei den andern *Azolla*-Arten, hier waren an der abgeflachten Seite meist noch deutlicher die drei Leisten zu sehen, als bei den andern *Azolla*-Arten.

Wie schon mehrfach erwähnt, wird nur die obere Hälfte der Indusialwand verdickt, die untere bleibt dünnwandig; dieses hat zur Folge, dass an reifen Sori der verdickte Theil des Indusium sich von dem dünnwandigen

¹⁾ Dieses Verhalten war auch schon früheren Beobachtern bekannt; vergl. Meyen und Mettenius l. c., daher diese äussere Faserschicht von Mettenius (*Linnaea* 1847 p. 260 Trichter genannt).

²⁾ Diese Uebereinstimmung schon von Mettenius erkannt *Linnaea* 1847 p. 260.

³⁾ Hier die Spore noch vom Indusium eingeschlossen.

leicht ablöst und die Macrospore mitsammt dem oberen Theile der Kapsel von der Mutterpflanze befreit wird. — Die Hohlräume der Zwischenmasse, welche die Schwimmkörper bildet, findet man schon geraume Zeit zuvor mit Luft erfüllt, daher von silberweisser Färbung, sobald die Spore aufhört von der Mutterpflanze gehalten zu werden, steigt sie nun durch diesen Schwimmapparat gehoben, auf die Oberfläche des Wassers, und schwimmt auf demselben in wagerechter Stellung umher. Der Schwimmapparat wird durch die verdickte obere Indusialwand geschützt; dieses ist der Vorthail, den ihm die seitliche Verschmelzung der äussern Faserschicht mit demselben bringt. Bei *Azolla filiculoides* und *caroliniana* werden auf der Oberfläche des Wassers die feinen Fäden des Episporiums ausgebreitet (Taf. VI Fig. 91 u. 94). Hier begegnen die Macrospore den Microsporen, dieselben bleiben mit ihren Glochiden an den feinen Fäden hängen, und nicht selten finde ich in dem getrockneten Materiale, an unbestimmten Stellen der Pflanzen zufällig haftende Macrosporen, die in ihrem unteren Theile dicht mit Masulae besetzt sind. Ich gebe in Fig. 98 Taf. VI die Abbildung einer solchen Macrospore; dass wir es hier nicht mit einem blossen Artefacte zu thun haben, das beweist die Existenz ähnlicher Figuren bei Martius (*Icones selectae plantarum cryptogamicarum brasiliensium*, Taf. LXXV, Fig. 18 u. 19), die nach frischem Material entworfen worden waren. Der Nutzen dieser ganzen Einrichtung scheint mir aber sehr nahe zu liegen. Macro- und Microsporen werden auf diese Weise in unmittelbare Nähe gebracht, und muss so bei weiterer Entwicklung die Befruchtung wesentlich erleichtert werden.

Es bleibt mir im Nachstehenden noch übrig, die Deutung zu rechtfertigen, die ich den einzelnen Theilen des weiblichen Organes gegeben. Ich stütze dieselbe auf die Entwicklungsgeschichte und die Homologie. Zwar waren die entwicklungsgeschichtlichen Daten, die ich gewinnen konnte, höchst unvollständig, immerhin gestatteten sie mir eine Orientirung über die wichtigsten Punkte. Leider arbeitete ich auch hier nur mit aufgeweichtem Materiale und kann daher keine Bilder der Beschreibung hinzufügen, da dieselben zu mangelhaft hätten ausfallen müssen. Erwähnt sei noch, dass das getrocknete Material zunächst in Wasser aufgeweicht, dann in absoluten Alcohol gebracht und an der Sonne entfärbt, dann in Glycerin gelegt, häufig noch während der Untersuchung mit conc. HCl. behandelt wurde. Auf diesem Wege, den ich durch Versuche gefunden, war entschieden noch das Meiste aus dem Material zu gewinnen.

Während in der Microsporangienkapsel eine grosse Anzahl Microsporangien der Columella entspringen, fand ich in ganz jungen Anlagen der

weiblichen Kapsel nur ein einziges Sporangium, welches den Scheitel der Columella einnimmt, und dass es mir oft gelang unversehrt aus der Kapsel zu befreien. Dieses Sporangium erfüllt fast die ganze Höhlung der Kapsel, nur die Scheitelwölbung derselben bleibt von dem Sporangium frei und zeigt sich dicht mit den schon wiederholt erwähnten, stark lichtbrechenden Körnern erfüllt. Das Sporangium zeigt auf diesem Entwicklungszustande, in seinem Innern zahlreiche verschrumpfte Tetraden, darunter schon eine Spore, die sich durch ihre Grösse von den andern auszeichnet. Die Figuren 4—6 l. c. Taf. VI bei Griffith sollen wohl derartige Entwicklungszustände illustriren. Sie stimmen auch ganz gut zu dem eben gesagten, nur lasse ich es dahin gestellt, ob wirklich auf dem Zustande seiner Fig. 4, um die Basis des mittleren grösseren Sporangiums (das er aus der Columella selbst sich differenciren lässt), andere Sporangien auftreten, die später verdrängt und wieder resorbirt werden. Ja wenn wirklich noch andere Sporangien ausser dem die Macrospore erzeugenden angelegt werden, so halte ich für wahrscheinlicher, dass sie alle gleichzeitig, wie im Microsporangium auftreten und dass erst dann eines derselben stärker sich wie seine Nachbarn entwickelnd, dieselben verdrängt. Möglich wäre dann, dass ein bestimmter Entwicklungszustand dem von Griffith in Fig. 4 (l. c.) abgebildeten ähnlich werde. Dieser Punkt bleibt für später zu entscheiden. Sicher ist, dass auf einem gewissen Entwicklungsstadium ein kurz gestieltes von einschichtiger Wand begrenztes Sporangium, (und nicht die ausgehöhlte Columella) die Macrosporangiumkapsel ausfüllt. Die schon erwähnte, eine, grössere Spore in demselben sehe ich dann rasch an Grösse zunehmen, ihre Wand immer stärker werden und allmählig eine bräunlich gelbe Färbung annehmen. Die Spore erscheint gleichzeitig schon von der einen Seite abgeflacht und lässt hier häufig drei Leisten erkennen, eine Folge, wie man nach Analogie mit andern nahe verwandten Fällen wohl annehmen darf, ihrer Entstehung durch teträdrische Theilung.¹⁾ Auf einem nächstfolgenden Entwicklungsstadium sehe ich die Spore an die Basis des Sporangium's gerückt, ihre abgeflachte Seite scheitelwärts kehrend; sie wird von einem weiten, mit (an dem zu Gebote stehenden Materiale) bräunlichen Protoplasma erfüllten Sack umgeben. Dieser Sack liegt unten der Spore dicht an, das Protoplasma ist scheitelwärts, über der Spore angesammelt, eine Kappe auf derselben bildend. Die abortirten Sporenreste sind an die Wand des Sporangiums gedrückt, das Sporangium in Desorganisation begriffen. Auf einem anderen noch älteren Präparate ist die Spo-

¹⁾ Dieser Leisten erwähnt schon Griffith (l. c. p. 487) und Mettenius (Linnaea 1847 p. 261.)

rangienwandung völlig aufgelöst; der Sporensack füllt die ganze Kapselhöhlung (mit Ausnahme der obersten Scheitelwölbung) aus; das Protoplasma über der Spore wird zu fester Zwischenmasse, unmittelbar zum oberen Episporium: dem Schwimmapparate sich differencirend; um den untern Theil der Spore herum bildet es sich direct zum untern Episporium aus. Wie diese interessantere Differencirung im Einzelnen vor sich gehen, wird an frischen Material zu entscheiden noch äusserst wichtig sein, uns war es bereits von grösster Bedeutung, diese wenigen Thatsachen feststellen zu können und so im Allgemeinen die Deutung dieser merkwürdigen Spore zu finden, die dadurch schon, dass sie im fertigen Zustande frei die Kapsel erfüllt, ganz räthselhaft erscheinen musste. Dass die ganzen complicirten Bildungen, welche die innere bräunlich gelbe Sporenhülle umgeben, mit zur Spore gehören, und derselben nur aufgelagert werden, fiel mir sofort auf, als ich bemerkte, dass diese bräunlich gelbe Haut die erste ist, welche die Spore erhält und dass sich dieselbe durch alle späteren Entwicklungszustände hindurch als innerste oder eigentliche Sporenhaut erhält. Aus jungen Kapseln war es mir ein Leichtes die noch freie Spore zu isoliren, es fehlte ihr dann noch der ganze spätere Apparat, sie verhielt sich aber genau schon so wie später, wo ich sie erst aus ihrem Episporium zu befreien hatte. Mettenius fasst den oberen Theil der Macrospore als aus abortirten Sporenmassen entstanden, auf¹⁾ und will in den birnförmigen Körpern, die er den Massulae in den Microsporangien zur Seite stellt, sogar abortirte Sporen gesehen haben. (Vergl. pl. Tinn. p. 1 und p. 3 Sp. 2.) Diese Deutung wird durch die vorhin gegebene Entwicklungsgeschichte beseitigt, auch zeigt der stärker vergrösserte Längsschnitt durch ein Schwimmkörper (Taf. VII, Fig. 95), dass dasjenige, was Mettenius für abortirte Sporen hält, in Wirklichkeit nur stellenweise Ansammlungen von dichterem Plasma in der schaumigen Grundmasse sind. Diese Stellen zeigen eine ganz unregelmässige Umschreibung, die sich nach der Gestalt der benachbarten Hohlräume richtet, sind ihrer ganzen Masse nach homogen und von gelblicher Farbe.

Zu erwähnen bleibt mir hier auch noch ein abnormer Fall, der, wie ich denke, ganz gut zu der vorhin gegebenen Deutung passt. Ein Indusium von *Azolla caroliniana* schloss zwei Macrosporen ein (Taf. VI, Fig. 100). Dieselben hatten sich gleichmässig, die eine oben, die andere unten in den innern Raum getheilt. Beide Sporen kehrten sich den Scheitel zu und berührten sich hier fast mit ihrer innern Sporenhaut. Die Schwimmapparate

¹⁾ Ich übergehe die älteren Deutungen, so die als Antheren von R. Brown und Meyen; „vielleicht Urblätter der jungen Pflanze“ von Martius u. s. w.

waren nicht zur differenten Entwicklung gekommen und erschienen beide Sporen mit den einander zugekehrten Seiten in einer gleichmässig schaumigen Zwischenmasse eingebettet. (Vergl. die Fig. 100.) An den entgegengesetzten Seiten war das Episporium theilweise differencirt worden. Abortirte Sporen waren in keinem Theile der Grundmasse um die Sporen zu finden, vielmehr nur die schon oben erwähnten gelblich gefärbten Stellen, die einer stellenweisen Verdichtung des Protoplasma ihre Entstehung verdanken.

Trotz einzelner entwicklungsgeschichtlicher Daten, die es mir für die Macrosporen von *Azolla* zu gewinnen gelang, wäre es bei so unvollkommenem Materiale immerhin ein schweres geworden, sich ein klares Bild von dem ganzen Entwicklungsgange zu entwerfen, wenn mir nicht die, vor Kurzem erschienenen, werthvollen Untersuchungen Russow's über die Sporen der anderen *Rhizocarpeen* hier zu Rathe gestanden hätten; ausserdem suchte ich mir durch eigene Untersuchungen Anhaltspunkte bei *Salvinia* zu verschaffen.

Bei *Marsilia* ist nach den Beschreibungen von Russow die Entwicklung der Micro- und Macrosporentraden bei zur Anlage der Sporen völlig gleich.¹⁾ Der Unterschied in der weiteren Entwicklung beruht hauptsächlich darauf, dass in den Microsporangien die vier Zellen der Tetraden sich bald von einander trennen und sämmtlich zur vollkommenen Ausbildung gelangen, während die vier Zellen jeder Tetrade in den Macrosporangien, mit einander in Zusammenhang bleihen und meist bis auf eine verkümmern. Von den 16 sich auf diese Weise weiter entwickelnden, den 16 vorhandenen Tetraden entsprechenden Zellen, kommt aber schliesslich nur eine einzige zur vollen Ausbildung. Bald nach Anlage der Sporenhaut zeigt diese Zelle auf der den 3 Schwesterzellen zugekehrten Oberfläche drei unter Winkeln von 120° sich schneidende Leisten, die an ihrem Kreuzungspunkte in ein feines Stachelspitzchen ausgehen, das bis zum Mittelpunkte der kugeligen Tetrade reicht. Die Schwesterzellen verkümmern bald völlig, die Spore entfernt sich durch Verlängerung ihrer Stachelspitze von denselben. Die die Sporen in Form einer hyalinen Hülle umgebende Specialmutterzellhaut verlässt allmählig die abortirten Sporen und zieht sich ganz auf die Entwicklungsfähige zurück, um dieselbe eine farblose Schicht bildend, die am Stielchen ganz schwach bleibt, am entgegengesetzten Ende der Spore aber zu einer dem Durchmesser der ganzen Spore an Mächtigkeit gleichkommenden Lage erwächst. Diese Hülle besteht alsbald aus einer farblosen sehr stark lichtbrechenden dünnen Flüssigkeit, die von einer äusserst dünnen, einfach contourirten Haut

¹⁾ l. c. p. 42 u. f.

nach aussen begrenzt ist. Auf einem weiteren Entwicklungs-Stadium bildet sich um die hyaline Sporenhülle eine Blase mit verhältnissmässig dicker Wand von feinkörnigem bräunlich tingirten Protoplasma erfüllt, sie entsteht wahrscheinlich durch Ansammlung um die hyaline Hülle der protoplasma-reichsten Substanz des Epiplasma. An der ganzen inneren Peripherie der Protoplasma-Blase, mit Ausnahme einer kleinen kreisförmigen Stelle an dem basiscopen Ende der Spore, tritt plötzlich eine in zwei Schichten differencirte, verhältnissmässig äusserst dicke, hellbraun tingirte Membran auf, welche nach innen sehr scharf begrenzt ist, nach aussen sich ohne scharfe Grenze in das umgebende Protoplasma verliert. Von den beiden Schichten der Membran ist die innere structurlos und von sehr geringer Mächtigkeit, die äussere aus sechseckigen, radial gestellten, dünnwandigen und mit granulirter Flüssigkeit erfüllten Prismen zusammengesetzt. In Wasser jetzt gebracht löst sich diese Membran zu einer farblosen, dem vacuoligen Protoplasma gleichförmigen Masse auf. Die genannte Hülle: das Episporium¹⁾, wird trotz ihrer beträchtlichen Dicke und hohen Differencirung fast simultan gebildet und zwar nicht durch Ausscheidung sondern durch Differencirung innerhalb der Substanz des Protoplasma selbst. Später wird das Episporium gegen Wasser resistenter; die Spore steckt ganz lose in demselben, durch die hyaline Flüssigkeit, die ihre eigene Membran inzwischen eingebüsst hat, theilweise von ihr getrennt. Sie lässt sich leicht aus dem Episporium herausdrücken. Es tritt jetzt, von der Prismenschicht nach aussen und ihr dicht anliegend, eine hyaline dünne Schicht auf, die sich ohne scharfe Grenze in das umgebende vacuolige Protoplasma verliert; aus ihr geht die Gallerthülle der Macrospore hervor. Endlich schwindet innerhalb des Episporium die hyaline Flüssigkeit, die Sporenmembran legt sich in ihrer ganzen Ausdehnung an das Episporium an und verwächst mit demselben. Bei der Reife erfahren die mit granulirter Flüssigkeit erfüllten Prismen des Episporium eine bemerkenswerthe Veränderung: dünnwandig und farblos bleibend oder sich hellgelb färbend, verlieren sie ihren Inhalt, der durch Luft ersetzt wird; die reife Spore schwimmt dadurch auf dem Wasser während die unreife untersinkt.

Ich habe hier die Entwicklung der Macrospore von *Marsilia*²⁾ nach der Schilderung von Russow in denjenigen Punkten wiedergegeben, die mir von Wichtigkeit schienen; diese Entwicklung zeigt so viele Analogien mit der

¹⁾ Diese vorhin benutzte Bezeichnung habe ich von Russow entnommen.

²⁾ *Pilularia* dürfte sich ganz ähnlich wie *Marsilia* verhalten. Vergl. die schönen Abbildungen bei Sachs Lehrbuch II. Aufl. p. 377.

zuvor für *Azolla* gegebenen, dass sie letztere in jeder Weise ergänzt. Wird es uns doch nicht mehr schwer, nachdem wir das so complicirt gebaute Episporium von *Marsilia* unmittelbar aus dem die Spore umgebenden Protoplasma haben entstehen sehen, uns vorzustellen wie auch das Episporium von *Azolla* unmittelbar aus ähnlich um die Spore angesammeltem Plasma sich bildet. Ja in dem Episporium der unteren Sporenhälfte von *Azolla pinnata* und *nilotica* haben wir sogar ganz ähnliche prismatische Structur wie in dem Episporium von *Marsilia* beobachtet.

Bei *Salvinia* schreibt Russow (Anhang II p. 80) „scheint zur Bildung des Episporium die Gesamtmasse der Protoplasmahohlkugel, welche die Spore umgiebt, verbraucht zu werden. Das junge Episporium hat hier ganz das Aussehen einer vacuoligen Protoplasma-masse.“¹⁾ — Es wird ebenfalls auf die Spore durch unmittelbare Differencirung des Protoplasma hinaufgelagert. Die Uebereinstimmung der schaumigen Masse, die hier das Episporium bildet und der Zwischensubstanz, welche die Microsporen derselben Pflanze verbindet, musste mir hier sofort auffallen; ich fand nachträglich, dass auch Russow diese Uebereinstimmung bereits richtig aufgefasst hatte. Weiter kann ich noch hinzufügen, dass die schaumige Masse in dem Episporium der *Salvinia* auch der schaumigen Masse entspricht, welche den ganzen oberen Theil: den Schwimmapparat von *Azolla* bildet. Wir haben somit im Episporium von *Azolla pinnata* und *nilotica* beide Differencirungsformen vereinigt, die der *Marsilia* eigene prismatische in der unteren Hälfte, die der *Salvinia* eigene schaumige in der oberen Hälfte der Spore. Freilich kommen dann noch bei den *Azollen* Differencirungen des Plasma hinzu wie sie auch bei *Marsilia* und *Salvinia* nicht ihres gleichen finden, vor allem wunderbar sind die langen, feinen Fäden, welche die Schwimmkörper umgeben und diejenigen die bei *Azolla filiculoides* und *caroliniana* an der unteren Hälfte der Spore frei der Aussenhaut entspringen.

Russow (I. c. p. 64) möchte die Hohlprismen im Episporium von *Marsilia* als Vacuolen von einer aussergewöhnlichen Form auffassen und sie auf diese Weise mit den Hohlräumen im Episporium von *Salvinia* in Uebereinstimmung bringen. Wie denn nun aber wenn die Prismen solid sind, wie im Episporium von *Azolla pinnata* oder *nilotica*? Ich bin eher geneigt, in der Prismenbildung eine besondere Art der Differencirung, eine Art Kristallisation, wenn ich mich so ausdrücken darf, zu erblicken. Bei *Azolla pinnata* und *nilotica* sehen wir die Prismen auf einer Faserschicht lagern,

¹⁾ Vergl. hier auch das Bild bei Pringsheim l. c. Taf. XXIX Fig. 2.

und wenn wir die genannten beiden Azollen mit *Azolla filiculoides* und *caroliniana* vergleichen, so sehen wir weiter, dass die schaumige Masse der letzteren der Faserschicht, nicht den Prismen der ersteren entspricht, und dass die Prismenschicht vielmehr in der homogenen äussern Haut dort ihr analogon findet. Braucht, wie aus diesem folgt, also auch die Prismenschicht von *Marsilia* nicht gerade der schaumigen von *Salvinia* zu entsprechen.

Wir fassen nach alledem nochmals die Resultate zusammen, zu denen wir in Betreff der weiblichen Spore von *Azolla* gelangt sind:

Das ganze, die Macrosporangiumskapsel erfüllende Gebilde ist eine einzige Macrospore. Dieselbe besteht aus der innern Spore und dem Episporium. Die Spore, von der primaeren bräunlich-gelben Membran umgeben, liegt im unteren Theile des Episporium. Dieses letztere zerfällt in eine untere und eine obere Hälfte; die untere, die Spore unmittelbar umgebende, bildet eine zweite, mannigfaltig differencirte Haut um dieselbe; die obere, der Spore aufsitzende, ist zu einem schaumigen, als Schwimmapparat functionirenden Gebilde differencirt.

Systematischer Theil.

Die zahlreichen Exemplare des berliner, wiener und des de Candolle'schen Herbarium, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, gehörten sämtlich einer der vier von Mettenius in den „Plantae Tinneanae“ festgestellten Arten an. Alle sonst unterschiedenen Arten lassen sich auf diese vier zurückführen; darin stimme ich Mettenius völlig bei und unterscheide mich in der systematischen Eintheilung von demselben nur durch Aufstellung für *Azolla filiculoides* der var. *rubra*, die er hingegen der typischen *A. filiculoides* Lam. einverleibt. Die Diagnosen der ganzen Gattung sowie dieser vier Arten haben freilich nach obiger Untersuchung gegen die früheren von Mettenius vielfach vervollständigt und auch berichtigt werden müssen.

Azolla Lam. Enc. Bot.

I. p. 340; Poir. Suppl. V. p. 567; Willd. Spec. V. p. 541; Kaulf. Enum. p. 273; R. Brown Verm. Schrif. I p. 162; Prod. p. 166; Meyen Nov. act. nat. cur. A. L. C. XVIII P. I p. 505; Martius Jcon. sel. pl. crypt. p. 123; Endl. Gen. plant. p. 67 n. 688; Griffith Calcutt. journ. V p. 227; Posthum. pap. Crypt. pl. p. 553; Mett. Linnaea XX p. 259; Fil. h. Lips. p. 126; pl. Tinn.; Moore Ind. p. CXXIX.¹⁾

Die Sori in kapselähnlichen Indusien völlig eingeschlossen, zu zwei oder zu vier an dem untersten Blatte einzelner Seitenzweige; von dem unteren muschel bis helmartig gestalteten Blattlappen mehr oder weniger vollständig überdeckt; männlich oder weiblich; die nebeneinander auf demselben Blatte stehenden von gleichem oder ungleichem Geschlechte. Im männlichen Sorus innerhalb des geschlossenen Indusium an einer grundständigen Columella eine grosse

¹⁾ Diese Litteratur-Aufzählung sowie die folgenden entnehme ich Mettenius (pl. Tinn.)

Anzahl langgestielter Microsporangien, jedes Microsporangium mit 2 oder 4—8 Massulae, welche die Microsporen einschliessen. Im weiblichen Sorus innerhalb des geschlossenen Indusium nur ein terminales Macrosporangium, das nur eine Macrospore zur Reife bringt und inzwischen selbst resorbirt wird, so dass die reife Spore frei die ganze Indusiumhöhle erfüllt. Diese Macrospore besitzt ein complicirt gebautes Episporium, das im unteren Theile eine dicht der innern Sporenhaut anliegende, feiner oder gröber granulirte, auch gefelderte, mit Fäden, Warzen oder unregelmässigen Höckern besetzte Hülle bildet, im oberen Theile sich zu einem eigenthümlichen, aus drei, oder drei mal drei birnförmigen Körpern aufgebauten, mit Luft sich füllenden Schwimmapparate gestaltet. — Kleine schwimmende Jungermannien-ähnliche Gewächse mit reich verzweigten Stämmen und mit zweiflächig zugespitzter Scheitelzelle; die Verzweigung racemös, durch starke Entwicklung unbestimmter Seitenzweige an einzelnen Stellen pseudo-dichotom. Seitenknospen den Blättern an Zahl entsprechend, oder weniger zahlreich. Blätter alternirend zu beiden Seiten, auf der Rückenfläche des Stammes inserirt und dieselbe mehr oder weniger deckend, tief zweilappig; die Lappen ungleich entwickelt; der obere über dem Wasser, der untere untergetaucht; auf der Innenseite des oberen eine Nostoc-führende Höhlung. Seitenwurzeln auf der Unterseite des Stammes an den Ursprungsstellen der Zweige, einzeln stehend, oder zu mehreren in ein Fascikel vereinigt.

Ueberwiegend tropische und subtropische Gewächse in süßem Wasser lebend.

I. Untergattung. Drei Schwimmkörper an der Macrospore; feine Fäden an der unteren Hälfte des Episporium; die Massulae mit Glochiden ziemlich allseitig besetzt. Seitenknospen scheinbar axillär, weniger zahlreich als die Blätter. Azolla Meyen (N. Act. n. cur. A. Caes. Leop. XVIII P. I p. 523).

1. Azolla filiculoides Lam. (Taf. VII Fig. 109—111. Das Episporium an der unteren Macrosporenhälfte mit ringförmig vorspringenden Warzen (Taf. VI Fig. 97a u. b), die Glochiden an den Massulae unseptirt (Taf. VI Fig. 85a), die Haare auf dem oberen Blattlappen einzellig mit breiter Basis inserirt (Taf. II Fig. 37a u. Taf. III Fig. 46); die Verzweigung sehr vorwiegend racemös.

Dillen Hist. musc. T. 43 f. 72; Azolla filiculoides Lam. Enc. I p. 343 T. 863; Moore Ind. fil. p. 189; Mettenius Pl. Tinn.; A. Magellanica Willd. Spec. pl. V p. 541; Kunth in Humb. Bonpl. Nov. gen. I p. 43; Syn. I p. 100; Kaulf. Enum. p. 273; Gay. Flor. Chil. VI p. 549; Mett. Linn. XX p. 275 T. 3 f. 16; Brack. Expl. p. 342; Bertol. Miscell.; XXI T. V. f. 1a, b. ex Bot. Zeit. 1861 p. 343. A. arbuscula Desv. Ann. Linn. IV p. 178; Kunze. Linn. IX p. 110.

Nova Granada, Bolivia, Peruvia, Brasilia, Chili, Patagonia, California.

Var. rubra. Die Glochiden der Massulae am Scheitel septirt (Taf. VI Fig. 86a u. b).

A. rubra R. Brown Prod. p. 167; Mettenius Linn. XX p. 275; Hook. Flor. Nov. Zeal II, 56; Flor. Tasm. II p. 158; Handb. fl. Nov. Zeal p. 392.

Nova Hollandia, Nova Zealandia, Tasmania.

2. Azolla caroliniana Willd. (Taf. VII Fig. 112a u. b.) Das Episporium der unteren Macrosporenhälfte gleichmässig granulirt (Taf. VI Fig. 101a u. b); die Glochiden an den Massulae septirt (Taf. VI Fig. 87), die Haare auf dem oberen Blattlappen vorwiegend zweizellig (Taf. III Fig. 50), die obere Zelle dann keulenförmig, schmal auf der unteren inserirt (Taf. III Fig. 51). Verzweigung wiederholt pseudo-dichotom.

A. caroliniana Willd. Spec. V. p. 541; Mett. Linn. XX p. 278 T. 3 f. 9; Plant. Tinn.; Torrey Expl. p. 161; A. Gray Manual p. 606; Chapm. fl. South. U. Stat. p. 602; A. densa Desv. Ann. Linn. VI p. 178; A. Mexicana Schlecht. Linn. V. p. 625; Presl. Bot. Bemerk. Prag 1844 p. 150; Kunze Linn. XVIII p. 352; — A. Portoricensis Spreng. Syst. IV p. 9; A. microphylla Kaulf. Enum. p. 273; Martius Icon. sel. plant. crypt. p. 123 T. 74, 75; Mett. Linn. XX p. 276 T. 3 f. 1—8; Brack. Expl. p. 342; — A. cristata Kaulf. Enum. p. 273; Mett. Linn. XX p. 278 T. II f. 1—21; Kunze Linn. XXI p. 241; — A. Bonariensis Bertol. Miscell. XXI T. 5. f. 2a, b, ex Bot. Zeit. 1861 p. 343 (?). Salvinia Azolla Raddi. Fil. brasil. I p. 2 T. 1 f. 3.

America borealis: New-York, Arkansas, Illinios, Ohio, N.-Orleans, Texas; California; Mexico; Antillae: Cuba, Portorico; America centralis; Venezuela; Guiana; Brasilia.

II. Untergattung. Drei Mal drei Schwimmkörper an der Macrospore; die Massulae ganz nackend oder in unregelmässige Fortsätze einseitig verlängert; Seitenknospen deutlich extraaxillär; gleich an Zahl den Blättern; am ganzen Sprosse vertheilt, oder an dessen Grunde fehlend. Rhizosperma (Meyen N. Act. n. cur. A. Caes. Leop. XVIII P. I p. 523).

3. Azolla pinnata R. Br. (Taf. VII Fig. 113). Das Episporium der unteren Macrosporenhälfte fein granulirt, mit knotigen, keulenförmigen Vorsprüngen zerstreut besetzt (Taf. VII Fig. 103a u. b); Massulae mehr als zwei in einem Microsporangium, auf der Innenseite in unregelmässige Fortsätze verlängert (Taf. VII Fig. 88). Sori zu zwei. Am Grunde der Sprosse fehlen die Seitenknospen. Wurzeln einzeln.

A. pinnata R. Brown. Flind. voy. II p. 611; Prod. p. 167; Kunze Linn. X p. 556; Harvey Gen. South. Afric. pl. p. 382; Hasskarl Plant. Javan. rar. p. 3; Cat. h. Bog. p. 293; Mett. Linn. XX p. 273 T. 3. f. 22—27; Pl. Tinn.; — *A. Africana* Desv. Ann. Linn. VI p. 178; Mett. Linn. XX p. 274; — *A. Guineensis* Schum. K. Dansk. Vidensk. Afh. IV p. 236; — *A. decomposita* Zoll. Verz. p. 51, 52 (?) — *Salvinia imbricata* Roxb. Crypt. pl. p. 8.

Nova Hollandia, Nova Caledonia, Ind. orient, Ceylon, Japonia, Java, Prom. bon. spei, Port. Natal, Madagascar, Affrica occidentalis: Angolo, Guinea.

4. Azolla nilotica De Caisne. (Taf. VII Fig. 114 u. 115.) Das Episporium der unteren Macrosporenhälfte regelmässig fein gefeldert, mit kleineren oben zugespitzten Vorsprüngen zerstreut besetzt (Taf. VII Fig. 108a u. b). Massulae gewöhnlich zwei in einem Microsporangium, fast ohne Fortsätze (Taf. VII Fig. 89 u. 90). Sori zu vier. Seitenknospen am ganzen Sprosse. Wurzeln in Fascikeln.

Azolla Nilotica De Caisne mscpt. n. herb. Musei Parisiensis. — *Azolla?* Kotschy in Koblecherianis nr. 21 Sitzber. d. k. Acad. d. W. B. 50. — *Azolla nilotica* Decais. Kotschy in pl. Binderianis nr. 13 l. c. Band 51.

In flumine Leuco-Nilo, ad ostia fluminis Sobat, ad Gonskoro, Bahr el Abbiad.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Schemata für die Theilungsvorgänge am Vegetationskegel. Der Vegetationskegel in der Rücken- und Bauchansicht gerade gedacht; in den Seitenansichten mit natürlicher Krümmung. *M.* = Mittelwand; *Bl.* = Blatt; *S.K.* = Seitenknospe; *W.* = Wurzel. *Fig. 1a* giebt die Rückenansicht, *R.A.*; *Fig. 1b* die Bauchansicht, *B.A.*; *Fig. 1c* die rechte Seitenansicht, *R.S.A.*; *Fig. 1d* die linke Seitenansicht, *L.S.A.* — Vergr. 520 Mal.

Fig. 2. Schemata der Theilungen in den Segmenten. Die Bezeichnungen wie in der *Fig. 1*; ausserdem *R.* = Rückenfläche, *B.* = Bauchfläche. Die Scheidewände sind ihrer Aufeinanderfolge gemäss mit Zahlen bezeichnet. Die sich entsprechenden Zellen mit den gleichen Buchstaben. *Fig. 2a* eine Seitenansicht schräg von oben, *Fig. 2b* eine Innenansicht schräg von oben und der Seite in $\frac{3}{4}$ Stellung. Vergr. 520 Mal.

Fig. 3. Ein während des Zeichnens langsam in der Richtung seiner Längaxe gerollter, und auf diese Weise gerade gerichteter Vegetationskegel von *Azolla filiculoides Lam.*, von der Bauchseite. (Die Buchstaben wie in *Fig. 1*.) Vergr. 520 Mal.

Fig. 4. Ein ähnlicher Vegetationskegel in natürlicher Krümmung, wodurch die obersten Segmente nicht sichtbar, von der Bauchseite. (Bez. wie oben.) Vergr. 520 Mal.

Fig. 5a. Ein ähnlicher Vegetationskegel weiter gerollt, so dass eine von seinem Scheitel entferntere Stelle seiner Bauchseite zur Ansicht kommt. (Bez. wie oben.) Vergr. 520 Mal.

Fig. 5b. Die in *5a* links unten sichtbare Seitenknospe isolirt dargestellt. Die aufeinanderfolgenden Theilungen mit Zahlen bezeichnet. (Buchstaben wie oben.) Vergr. 520 Mal.

Fig. 6. Ein Vegetationskegel der nämlichen Pflanze von rechts und dem Rücken gesehen. Bauchwärts über dem untersten Blatte eine Seitenknospe in der Scheitelansicht: auf der Rückenfläche ein Haar *Hr.* von Nostocschnüren umgeben. Vergr. 520 Mal.

Fig. 7. Ein ähnlicher Vegetationskegel in der Seitenansicht von rechts. Bauchwärts über den beiden Blättern Seitenknospen, von denen die untere bereits ihr erstes Blatt (*Bl. 1.*) angelegt hat. Auf der Rückenfläche ein Haar von Nostocschnüren umgeben. Vergr. 520 Mal.

Fig. 8. Ein ähnlicher Vegetationskegel etwas schräg von der Rücken-
seite. Vergr. 520 Mal.

Fig. 9. Längsschnitt durch den Vegetationskegel und den Stamm derselben Pflanze. *W.J.* = Wurzelinitiale; *S* = *S*¹ u. *S*¹¹ = die Scheideninitiale. Die tangentialen Theilungen der Segmente mit Zahlen bezeichnet. Vergr. 520 Mal.

Fig. 10. Querschnitt des Vegetationskegels dicht unter dem Scheitel. Vergr. 520 Mal.

Fig. 11 u. *12.* Nächst tiefere Ansichten. Die aufeinanderfolgenden Theilungen mit Zahlen bezeichnet. Vergr. 520 Mal.

Fig. 13 u. *14.* Noch tiefer geführte Querschnitte, die Anlage eines Blattes zeigend. *M.* = Mittelwand; *1b* = erste Blattwand. Die übrigen Bezeichnungen wie früher. Vergr. 520 Mal.

Fig. 15. Aehnlicher Querschnitt mit einem Haar auf der Rückenfläche und einer Seitenknospenanlage. Vergr. 520 Mal.

Fig. 16—19. Aufeinanderfolgende Querschnitte, von denen 17 und 18 mit Blattanlage. Vergr. 520 Mal.

Fig. 20. Querschnitt der ganzen Knospe, je zwei Blatthälften zu einem Blatte gehörend. Scheinbar in der Achsel des Blattes rechts, eine Seitenknospe. Auf der Rückenfläche Haare und Nostoc-Schnüre zwischen denselben. Vergr. 520 Mal.

Fig. 21—23. Aufeinanderfolgende Querschnitte durch den Stamm, dessen weitere Differencirung zeigend. *E.* = Epidermis; *C.* = Cambiumcylinder. Vergr. 520 Mal.

Fig. 24. Querschnitt durch den Cambiumcylinder des fertigen Stammes. Vergr. 520 Mal.

Tafel II.

Fig. 25. Querschnitt durch einen angewachsenen Stamm von *Azolla filiculoides* Lam. mit der Insertion eines Blattbündels. Vergr. 240 Mal.

Fig. 26. Aehnlicher Querschnitt mit der Insertion des Seitenknospen- und des Wurzelbündels. Vergr. 240 Mal.

Fig. 27. Längsschnitt des Stammes in der Verzweigungsebene. *H.A.* = Hauptaxe; *Bl.* = Blattbündel; *S.K.* = Seitenknospenbündel. Vergr. 240 Mal.

Fig. 28. Junge Blattanlage isolirt gezeichnet. (Bezeichnungen wie früher.) Vergr. 520 Mal.

Fig. 29 und *30* ältere Blattanlage. *Fig. 29a—c* in verschiedener Stellung. *R.L.* = Rückenlappen; *B.L.* = Bauchlappen. Da die beiden Blatlappen eines Blattes einen Winkel mit einander bilden, so konnte die Figur 30 nur durch langsames Rollen während des Zeichnens erhalten werden. Vergr. 520 Mal.

Fig. 31. Längsschnitt durch den Rückenlappen eines jungen Blattes. *J.S.* = Innenseite; *A.S.* = Aussenseite. Vergr. 520 Mal.

Fig. 32. Ein älterer Entwicklungszustand von der Innenseite gesehen. Beginnende Bildung der Höhlung. Vergr. 240 Mal.

Fig. 33. Die Epidermis eines jungen Blattes mit den Anlagen der Spaltöffnungen. Vergr. 520 Mal.

Fig. 34 u. 35. Längsschnitte durch älterer Blätter (Rückenlappen). Bildung der Höhle. Vergr. 240 Mal.

Fig. 36. Ein Querschnitt durch einen ähnlichen Blattlappen. (Rückenlappen.) Vergr. 240 Mal.

Fig. 37 a. Längsschnitt durch ein ausgewachsenes Blatt. (Rückenlappen.) Vergr. 175 Mal.

Fig. 37 b. Der Mund der Höhle. Vergr. 520 Mal.

Fig. 38 a. Der Mund von aussen. Vergr. 240 Mal.

Fig. 38 b. Der Mund von innen. Vergr. 240 Mal.

Tafel III.

Fig. 39. Querschnitt durch einen ausgewachsenen Rückenlappen von *Azolla filiculoides* Lam. dicht über der Höhle. Vergr. 240 Mal.

Fig. 40. Partie aus einem ähnlichen Blatte, stärker vergrössert mit einer Spaltöffnung. Vergr. 520 Mal.

Fig. 41. Querschnitt durch den unteren Blattlappen (Bauchlappen) eines ausgewachsenen Blattes. Vergr. 120 Mal.

Fig. 42. Flächenansicht der Epidermis aus der Mediane des Bauchlappens. Spaltöffnungen. Vergr. 240 Mal.

Fig. 43. Mesophyll in der Mediane des Bauchlappens, von dem Schraubengefässe durchsetzt. Die Stellung der Spaltöffnungen über den Interzellularräumen ist durch Einzeichnung der Spalte angezeigt. Vergr. 240 Mal.

Fig. 44. Mesophyll aus dem Rückenlappen am oberen Rande der Höhle. Das die Höhle umlaufende Bündel löst sich an dieser Stelle in Schraubenzellen auf, um, etwas tiefer als die Figur reicht, auf der rechten Seite aufzuhören. Vergr. 240 Mal.

Fig. 45. Der Rand des Rückenlappens. Vergr. 240 Mal.

Fig. 46. Haare vom oberen Rande des Rückenlappens; an einer geneigten Fläche inserirt. Vergr. 240 Mal.

Fig. 47. Querschnitt an der Insertion des Blattes, die beiden Blattlappen noch im Zusammenhange treffend. Links der Rückenlappen, rechts der Bauchlappen. Vergr. 240 Mal.

Fig. 48. Mittlere Partie eines ähnlichen Schnittes; über dem Blatte in natürlicher Lage die Seitenknospen. Vergr. 240 Mal.

Fig. 49. Ein ganzes Blatt von der Innenseite gesehen. Vergr. 27 Mal.

Fig. 50. Längsschnitt durch ein völlig ausgewachsenes Blatt von *Azolla caroliniana Willd.* Vergr. 100 Mal.

Fig. 51. Epidermis mit Spaltöffnungen und Haaren von dem Rückenlappen desselben Blattes. Vergr. 240 Mal.

Fig. 52. Ein ganzes Blatt derselben Pflanze von aussen gesehen. Vergr. 27 Mal.

Tafel IV.

Fig. 53. Partie an der Basis eines Vegetationskegels von *Azolla filiculoides Lam.* von der Bauchseite gesehen, mit einer Wurzelanlage. In *Fig. 53a* von der Oberfläche, wo nur die äussere Scheideninitiale S^1 (Vergl. *Fig. 9* Taf. I) zu sehen ist; in *Fig. 53b* bei tieferer Einstellung, wo die Wurzelinitiale *W.J.* und die ersten zwei Theilungen in derselben hervortreten. Vergr. 520 Mal.

Fig. 54. Ein ähnliches Bild wie *Fig. 53b*. Vergr. 520 Mal.

Fig. 55. Ein etwas älterer Zustand in derselben Ansicht wie die beiden vorhergehenden Figuren. Vergr. 520 Mal.

Fig. 56. Ein junges Sprossende im Tangentialschnitt von der Bauchseite gesehen. Die Figur 55 ist der mit *W* bezeichneten Stelle desselben entnommen. Vergr. 100 Mal.

Fig. 57. Längsschnitt (quer zur Längsaxe des Stammes) durch eine junge Wurzelanlage, deren Scheitelzelle eben die einzige Wurzel-Kappeninitiale *W.K.* bildet. Vergr. 520 Mal.

Fig. 58. Längsschnitt (in der Richtung der Längsaxe des Stammes) durch eine etwas ältere Wurzelanlage. Die Wurzelkappeninitiale hat zwei Etagen von Kappenzellen gebildet. Vergr. 520 Mal.

Fig. 59. u. 60. Noch ältere Wurzelanlagen. *R.* = Rindenwand; *E.* = Epidermiswand; *C.* = Cambiumwand; *J.R.* = Innere Rindenwand; (die innere Scheidenschicht S^{11} schwindet auf diesem Entwicklungsstadium. Vergr. 520 Mal.

Fig. 61. u. 62. Zwei aufeinanderfolgende Querschnitte dicht unter dem Scheitel einer jungen Wurzel. *S.* = Scheide; *W.K.¹* und *W.K.¹¹* = Aeussere und innere Wurzelkappenschicht; *R.* = Rindenwand; *E.* = Epidermiswand; *C.* = Cambiumwand; *J.R.* = Innere Rindenwand; *h.* = Hauptwand; *s.* = Sextantenwand; *r.* = radiale Rindenwände. Vergröss. 520 Mal.

Fig. 63. Scheitelansicht einer jungen Scheide. Vergr. 520 Mal.

Fig. 64. Scheitelansicht der jungen Kappe. Vergr. 520 Mal.

Fig. 65. Querschnitt an einer etwas älteren Stelle als in Fig. 62. Bezeichnung wie dort, ausserdem *P.C.* = Pericambiumwand. Vergr. 520.

Fig. 66. Querschnitt einer fast fertigen Stelle. *e.* = Epidermis; *a.r.* = äussere Rinde; *i.r.* = innere Rinde; *ist.r.* = innerste Rinde. Vergröss. 520 Mal.

Tafel V.

Fig. 67. Medianer Längsschnitt aus dem Scheitel einer älteren Wurzel von *Azolla filiculoides* Lam. Bezeichnungen von früher. Vergr. 520 Mal.

Fig. 68. Querschnitt an einer ausgewachsenen Stelle. Bezeichnungen wie oben. *L.* = Luftlücke. Vergr. 240 Mal.

Fig. 69. u. 70. Mediane Längenschnitte vom Scheitel entfernterer Stellen. *Fig. 69.* an einer noch nicht völlig, *Fig. 70.* an einer völlig ausgewachsenen Stelle. Vergr. 240 Mal.

Fig. 71. Gefässbündelanschluss der Wurzel an den Stamm. Medianer Längsschnitt in der Längsaxe des Stammes und der Wurzel. Vergr. 240 Mal.

Fig. 72. Tangentialer Längsschnitt parallel zur Mittelwand (*M.*) des Stammes, das Verhältniss der Insertion von Blatt, Seitenknospe und Wurzel zeigend. Vergr. 240 Mal.

Fig. 73. Ein fertiler Seitenspross von *Azolla filiculoides* Lam. von der dem Mutterspross zugekehrten Seite gesehen. Am Bauchlappen des untersten Blattes und von demselben z. Th. gedeckt zwei weibliche Sori. Vergr. 27 Mal.

Fig. 74. Ein männlicher und ein weiblicher Sorus, der erste im Längsschnitt. Dieselbe Lage wie in Fig. 73. Die Gefässbündelinsertion deutlich. Vergr. 27 Mal.

Fig. 75. Zwei junge weibliche Sori von *Azolla filiculoides* var. *rubra* von dem Bauchlappen des Blattes helmartig gedeckt. Vergr. 27 Mal.

Fig. 76. Ein angewachsener männlicher Sorus derselben Pflanze. Vergröss. 27 Mal.

Fig. 77. a. u. b. Je vier zusammenstehende Sori von *Azolla nilotica* De Caisne; bei *a* von der Seite, bei *b* von oben. Vergr. 27 Mal.

Fig. 78. a. — c. Theile des Indusium am männlichen Sorus von *Azolla filiculoides* stärker vergrössert. *Fig. 78a.* Seitenansicht des Scheitels von aussen und *Fig. 78b.* im Längsschnitt. *Fig. 78c.* Aussenansicht einer tiefer liegenden Stelle. Vergr. 100 Mal.

Fig. 79. Aussenansicht einer Stelle in der mittleren Höhe am Indusium des männlichen Sorus von *Azolla caroliniana Willd.* Vergr. 100 Mal.

Fig. 80. Aehnliche Stelle wie in *Fig. 79* von *Azolla pinnata R.Br.* Vergr. 100 Mal.

Fig. 81. Aehnliche Stelle wie in den vorhergehenden Figuren von *Azolla nilotica de Caisne.* Vergr. 100 Mal.

Fig. 82. Die Microsporangien von *Azolla filiculoides* mit der Columella aus dem Indusium befreit. Vergr. 27 Mal.

Fig. 83. Ein einzelnes Microsporangium stärker vergr. Im Innern die Massulae. Vergr. 100 Mal.

Fig. 84. Der obere Theil der Microsporangiumwand. Vergr. 240 Mal.

Tafel VI.

Fig. 85a. Eine Massula von *Azolla filiculoides Lam.* Vergr. 240 Mal.

Fig. 85b. Eine einzelne Microspore in der Zwischenmasse eingebettet. Vergr. 520 Mal.

Fig. 86a. Der Massularand von *Azolla filiculoides var. rubra* im optischen Durchschnitt, auf demselben eine Glochide in Frontansicht. Vergröss. 520 Mal.

Fig. 86b. Eine ähnliche Glochide in Seitenansicht. Vergr. 520 Mal.

Fig. 87. Eine Massula von *Azolla caroliniana Willd.* Vergr. 240 Mal.

Fig. 88. Eine Massula von *Azolla pinnata R.Br.* Vergr. 240 Mal.

Fig. 89. u. 90. Massulae von *Azolla nilotica De Caisne.* *Fig. 89.* von innen, *Fig. 90.* von der Seite. Vergr. 240 Mal.

Fig. 91. Reife Macrospore von *Azolla filiculoides Lam.* Der Schwimmapparat der Spore von der oberen, verholzten Indusiumhälfte bedeckt, die untere Indusiumhälfte losgelöst. Vergr. 100 Mal.

Fig. 92. Die Macrospore aus der oberen Indusiumhälfte hervorgezogen, um den Schwimmapparat sichtbar zu machen. Vergr. 100 Mal.

Fig. 93. Längsschnitt durch die Macrospore und das noch unversehrte Indusium. Vergr. 100 Mal.

Fig. 94. Die Macrospore in einem ebensolchen Längsschnitt (wie *Fig. 93.*) aus dem Indusium entfernt.

Fig. 95. Ein Schwimmkörper im Längsschnitt. Stärker vergr. 240 Mal.

Fig. 96. Ein tangentialer Längsschnitt durch das Indusium und die Macrospore, das Verhältniss beider illustrirend. Vergr. 100 Mal.

Fig. 97. Das Episporium an der unteren Macrosporenhälfte stark vergrössert: *a.* Flächenansicht, *b.* im Längsschnitt. Vergr. 520 Mal.

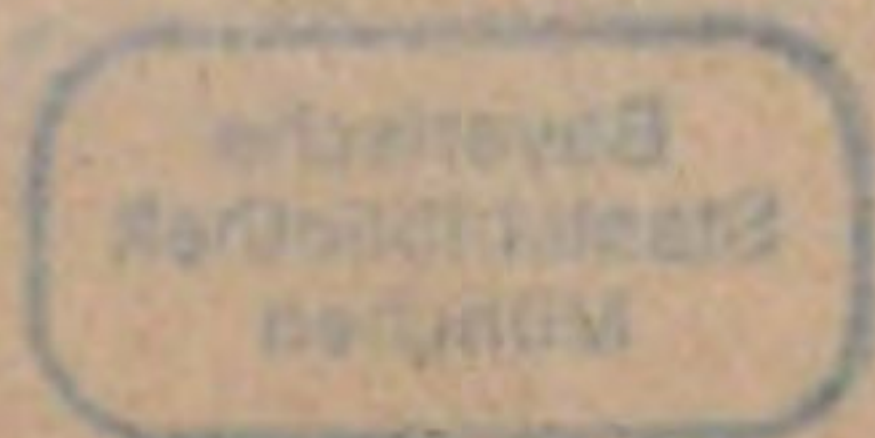


Fig. 98. Eine reife von der oberen Indusiumhälfte gedeckte Macrospore, mit Massulae besetzt. Vergr. 100 Mal.

Fig. 99. Längsschnitt durch die Macrospore und das Indusium von *Azolla caroliniana Willd.*

Fig. 100. Zwei verschmolzene Macrosporen in einem Indusium bei derselben Pflanze. Abnormer Fall. Vergr. 100 Mal.

Fig. 101a. Flächenansicht, *Fig. 101b.* Längsschnitt des Episporium der unteren Sporenhälfte derselben Pflanze. Vergr. 520 Mal.

Tafel VII.

Fig. 102. Längsschnitt durch die Macrospore und das Indusium von *Azolla pinnata R.Br.* Vergr. 100 Mal.

Fig. 103a. Flächenansicht, *Fig. 103b.* Längsschnitt des Episporium der unteren Sporenhälfte derselben Pflanze. Vergr. 520 Mal.

Fig. 104. Weiblicher Sorus von *Azolla nilotica De Caisne* von aussen gesehen, mit der durchschimmernden Macrospore. Vergr. 100 Mal.

Fig. 105. Längsschnitt durch die Macrospore und das Indusium derselben Pflanze. Vergr. 100 Mal.

Fig. 106. Aehnlicher Längsschnitt. Die Schwimmkörper mit den Nadeln von einander entfernt. Vergr. 100 Mal.

Fig. 107. Eine ganze Macrospore mit den Nadeln in ihre Theile zerlegt. Vergr. 100 Mal.

Fig. 108a. u. b. Flächenansicht und Längsschnitt des Episporium der unteren Macrosporenhälfte derselben Pflanze. Vergr. 520 Mal.

Fig. 109. Habitusbild von *Azolla filiculoides Lam.* (Alc. Mat.) Nat. Grösse.

Fig. 110. Ein Stückchen derselben Pflanze von der Rückenfläche (Alc. Mat.) Vergr. 6 Mal.

Fig. 111. Aehnliches Bild von *Azolla filiculoides var. rubra* von der Bauchseite. Fertil. (Aufgew. Mat.) Vergr. 6 Mal.

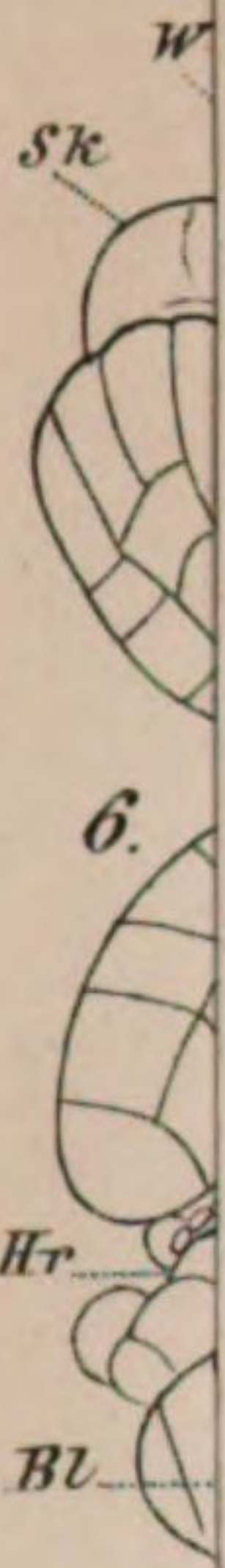
Fig. 112. Habitusbilder von *Azolla caroliniana.* *a.* von der Rücken-, *b.* von der Bauchseite. Steril. (Alc. Mat.) Vergr. 6 Mal.

Fig. 113. Habitusbild von *Azolla pinnata R.Br.* von der Bauchfläche. Fertil. (Aufgew. Mat.) Vergr. 6 Mal.

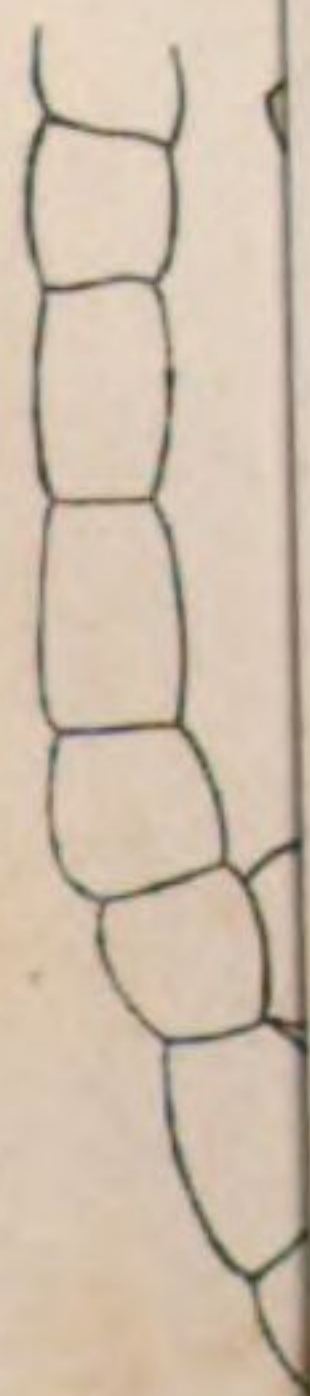
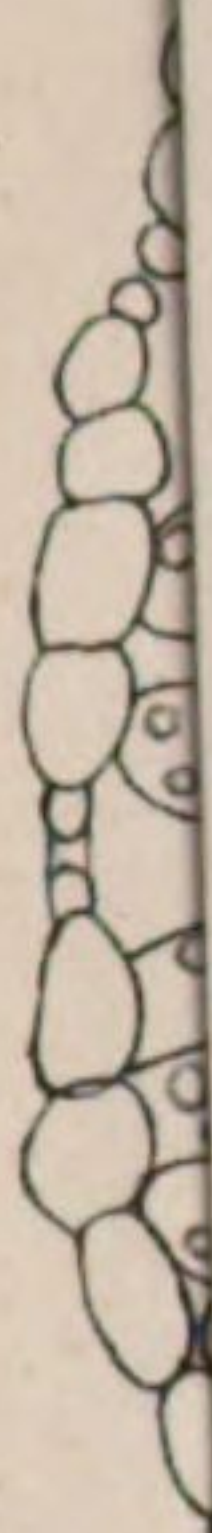
Fig. 114. Habitusbild von *Azolla nilotica De Caisne* von der Rückenfläche. (Aufgew. Mat.) Vergr. 6 Mal.

Fig. 115. Ein anderes Exemplar derselben Pflanze von der Bauchfläche. Fertil. (Aufgew. Mat.) Vergr. 6 Mal.





Eduar



Eduard



Eduard St

6

E

Strasburger, Eduard,

Über Azolla

Jena 1873

Phyt. 675 d

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11163958-6